



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TUOMO ALA-VANNESLUOMA
VIDEOPUHELUN KÄYTTÖ HÄLYTYSTOIMINNASSA

Diplomityö

Tarkastajat: professori José L.
Martínez Lastra ja yliopistotutkija
Jani Jokinen
Tarkastajat ja aihe hyväksytty
Teknisten tieteiden tiedekuntaneu-
voston kokouksessa 3. kesäkuuta
2015

TIIVISTELMÄ

TUOMO ALA-VANNESLUOMA: Videopuhelun käyttö hälytystoiminnassa

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 54 sivua, 1 liitesivu

Marraskuu 2015

Automaatiotekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Factory Automation

Tarkastajat: professori José L. Martínez Lastra ja yliopistotutkija Jani Jokinen

Avainsanat: videopuhelu, hälytystoiminta, voip, sip, rtp

Video- ja tekstipohjainen viestintä on syrjäyttämässä tavallisen kaksisuuntaisen viestinnän erilaisten VoIP-pohjaisten ratkaisujen kehityksen myötä. Nämä tekniikat ja järjestelmät tarjoavat uudenlaisia mahdollisuuksia hälytys- ja hätäkeskustoimintaan.

Tässä diplomityössä selvitetään, miten videopuheluita voidaan hyödyntää hälytystoiminnassa sekä mitä hyötyä videopuhelun käytöstä voisi olla. Lisäksi työssä toteutetaan konseptiratkaisu videopuhelinintegraatiosta työpöytäsovellukseen. Konseptiratkaisun tarkoituksena on selvittää, miten videopuhelu voidaan tuoda ilmoituksen vastaanottajan käyttämään ohjelmistoon hälytyskeskuksessa.

Videopuheluiden avulla voidaan muun muassa saada hälytysilmoitukseen liittyviä tärkeitä lisätietoja sekä parantaa eri toimijoiden tilannekuvaa. Hälytysilmoituksessa videopuhelun käyttö voi perustua ilmoittajan aloitteeseen, ilmoituksen käsittelijän harkintaan tai järjestelmän tarjoamaan ehdotukseen riskinarvion perusteella. Videopuheluilla voidaan parantaa tilannekuvaa hälytyskeskuksessa hyödyntämällä automaattisia valvontajärjestelmiä ja kommunikoimalla videon avulla kentällä toimivien yksiköiden kanssa.

Videopuheluille on olemassa useita erilaisia tekniikoita sekä valmiita sovelluksia. Hälytystoiminta on ympäristönä haastava, mikä aiheuttaa ratkaisuille erityisvaatimuksia niin toiminnallisuuden, suorituskyvyn kuin turvallisuuden suhteen. Näiden vaatimusten pohjalta voidaan todeta, että valmiit sovellukset eivät täytä asetettuja vaatimuksia, joten konseptiratkaisuun valittiin käytettäväksi SIP- ja RTP-protokollia hyödyntävä tekniikka.

Videopuheluratkaisun kehitys ja käyttöönotto vaativat työssä esiteltyjen käyttötapauksen pohjalta toimintamallien sekä riskinarvioiden kehittämistä. Videon käsittelyyn sovelluksessa tulisi kehittää lisätoiminnallisuuksia. Verkkoinfrastruktuuria ja muuta järjestelmää suunnitellessa tulisi huomioida videon siirtokyky. Ennen käyttöönottoa tulee tutkia, mitä mahdollisia haittavaikutuksia video voi aiheuttaa. Tämän lisäksi tulee selvittää, miten hälytysilmoituksen teko muuttuu, jos ilmoittaja käyttää älypuhelinsovellusta tavallisen puhelun sijaan.

ABSTRACT

TUOMO ALA-VANNESLUOMA: The use of video call in emergency operations
Tampere University of Technology
Master of Science Thesis, 54 pages, 1 Appendix page
November 2015
Master's Degree Programme in Automation Technology
Major: Factory Automation
Examiners: Professor José L. Martínez Lastra and Senior Research Fellow Jani Jokinen

Keywords: video call, emergency operations, voip, sip, rtp

Video and text-based messaging is superseding the common bidirectional messaging due to the development of new kinds of VoIP-based systems. These technologies and systems offer new possibilities to both alarm center operations and emergency center operations.

This thesis focuses on determining how video calls could be utilized as part of emergency operations and what benefits would this engender. A proof of concept, which is a desktop application with integrated video-capable phone, is developed as part of this thesis. This example application is developed to give understanding on how video call could be delivered to the software used by the call taker in the emergency center.

With the video calls it is possible to get important information regarding the emergency notices and build up the situation awareness of different sides involved. The use of video as part of emergency notice may be based on the caller's initiative as well as the operator's judgment or the system's suggestion, which is based on a risk analysis. The automatic surveillance systems and communicating with the field units with video can be used to raise situation awareness of the emergency center.

Several different technologies and applications already exist for video calls. The emergency operations environment is challenging and it creates specific requirements for the application concerning functionality, performance and security. Based on these requirements it is acknowledged that the existing applications do not meet the criteria. Therefore, a technique based on the SIP and RTP protocols is used in the example application.

The further development and implementation of the video call requires development of the operation models and risk analyses. New functionalities must be developed for handling the video in the applications. The network infrastructure and the system should be designed focusing on the transfer of video material. The possible negative effects of the use of video should also be researched before the deployment. Additionally, further investigation must be made on how the procedure of making an emergency notice will change if the caller uses a smart phone application instead of a regular call.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty työskennellessä Insta DefSec Oy:llä tuotekehitysprojektissa vuoden 2015 aikana. Haluan kiittää erityisesti Teemu Ekolaa mielenkiintoisesta aiheesta sekä mahdollisuudesta kirjoittaa diplomityö muiden töiden ohella sekä työni ohjaajaa Antti Järvistä ja työni tarkastajaa Jani Jokista työni ohjaamisesta sekä hyvistä neuvoista ja kommentteista työni eri vaiheissa.

Lisäksi haluan kiittää perhettäni, ystäviäni ja työtovereita kannustamisesta ja jaksamisesta tämän projektin parissa ja erityisesti isosiskoani Hannaa kieliasua koskevista kommentteista.

Tampereella, 16.11.2015

Tuomo Ala-Vannesluoma

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Lähtökohdat.....	1
1.2	Tutkimusongelma.....	2
1.3	Työn tavoitteet ja rajaukset	2
1.4	Tutkimusmenetelmät	2
1.5	Työn rakenne.....	3
2.	HÄLYTYSKESKUSTOIMINTA.....	4
2.1	Hätäkeskustoiminta	4
2.2	Insta Response -tuoteperhe	5
3.	VIDEON KÄYTTÖ HÄLYTYSTOIMINNASSA.....	8
3.1	Konsepti ja tarve	9
3.2	Käyttötapaukset.....	10
3.2.1	Soittajan aloittama videopuhelu.....	11
3.2.2	Riskinarvion tai ohjeen mukaan aloitettava videopuhelu	12
3.2.3	Kenttäyksikön videopuhelu.....	13
3.2.4	Valvonta ja tilannekuvan rakentaminen.....	13
3.2.5	Videovalvontajärjestelmät	14
3.3	Olemassa olevat ratkaisut.....	15
4.	TEKNISET RATKAISUVAIHTOEHDOT	17
4.1	Videopuheluratkaisun vaatimukset	17
4.1.1	Toiminnallisuus.....	18
4.1.2	Käytettävyys.....	18
4.1.3	Luotettavuus.....	19
4.1.4	Suorituskyky	19
4.1.5	Ylläpidettävyys	20
4.2	Tekniikat	20
4.2.1	SIP- ja RTP-protokollat	21
4.2.2	SIP- ja RTP-puhelinkirjastot.....	25
4.2.3	Skype ja Lync.....	26
4.2.4	Muut videopuhelutekniikat ja -sovellukset.....	27
4.3	Eri tekniikoiden arviointi	29
5.	KONSEPTIRATKAISUN TOTEUTUS.....	32
5.1	Toteutuksen lähtökohdat	32
5.2	Ratkaisun tekninen kuvaus.....	33
5.3	Toteutetut toiminnallisuudet	37
5.4	Testaus.....	38
5.5	Suorituskyky ja luotettavuus	39
5.6	Turvallisuus.....	39
6.	JATKOKEHITYS	41

6.1	Ajatuksia ja ideoita.....	41
6.2	Jatkosuunnitelma.....	43
6.3	Työn arviointi.....	45
7.	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	48
	LÄHTEET.....	51

LIITE A: SOVELLUKSEN KÄYTTÖLIITTYMÄ

LYHENTEET JA MERKINNÄT

DNS	engl. Domain Name System, nimipalvelinjärjestelmä
EENA	engl. European Emergency Number Association, Euroopan hätä-numerojärjestö
FQDN	engl. Fully Qualified Domain Name, domain nimi, jolla on eksakti paikka nimipalvelinjärjestelmässä
GPS	engl. Global Positioning System, satelliittipaikannusjärjestelmä
HTTP	engl. Hypertext Transfer Protocol, hypertekstin siirtoprotokolla, jolla selaimet ja WWW-palvelimet usein kommunikoivat
IP	engl. Internet Protocol, TCP/IP-mallin Internet-kerroksen protokolla joka huolehtii tietoliikennepakettien perille toimittamisesta Internet-verkossa
JNI	engl. Java Native Interface, Javan rajapinta, jonka avulla voidaan käyttää natiivia ohjelmakoodia Java-sovelluksesta
PEMEA	engl. Pan European Mobile Emergency Apps, EENA:n projekti, jossa suunnitellaan yhteiseurooppalaisia käytäntöjä hätäkeskus sovelluksia varten
PSTN	engl. Public Switching Telephone Network, perinteinen puhelin-verkko
QOS	engl. Quality of Service, tietoliikenneverkon laatu
RTCP	engl. Real-Time Transmission Control Protocol, protokolla joka hoitaa RTP-protokollan laaduntarkkailua
RTP	engl. Real-Time Transport Protocol, tietoliikenneprotokolla tosiaikaisen datan kuten äänen ja kuvan siirtoon pakettiverkoissa
SDK	engl. Software Development Kit, ohjelmien kehityspaketti
SDP	engl. Session Description Protocol, session kuvauksen määrittävä protokolla
SIP	engl. Session Initiation Protocol, IP-puhelinyhteyksien luonnista vastaava tietoliikenneprotokolla
SRTP	engl. Secure Real-Time Transport Protocol, profiili RTP protokollalle, jolla voidaan taata viestiliikenteen salausta ja koskemattomuus
TETRA	engl. Terrestrial Trunked Radio, radiopuhelinverkkostandardi, jota käytetään viranomaisverkoissa
TLS	engl. Transport Layer Security, salausprotokolla IP-verkossa tapahtuvan tiedonsiirron salaamiseen
UDP	engl. User Datagram Protocol, IP-verkkojen yhteydetön tiedonsiirtoprotokolla, joka minimioi protokollan vaatiman tiedonsiirron
URI	engl. Uniform Resource Identifier, merkkijono, jolla kerrotaan tietyn resurssin paikka
VoIP	engl. Voice-over-IP, äänen siirtäminen IP-pohjaisessa verkossa
XMPP	engl. Extensible Messaging and Presence Protocol, laajennettavissa oleva XML-pohjainen avoin viestintäprotokolla

1. JOHDANTO

Insta DefSec Oy (jatkossa Insta DefSec) on suomalainen perheyritys, joka tuottaa niin kotimaisille kuin kansainvälisille asiakkailleen verkkokeskeisiä ratkaisuja ja palveluita erilaisiin järjestelmiin. Insta DefSec tuottaa myös kriittisiä järjestelmiä puolustus- ja turvallisuusviranomaisille. (Insta DefSec Oy 2015a.)

Insta DefSec toimittaa Suomen seuraavan hätäkeskustietojärjestelmä ERICA:n, joka tullaan ottamaan käyttöön asteittain vuodesta 2016 alkaen. ERICA tulee perustumaan Insta Response -tuoteperheen tuotteisiin, jotka muodostavat saumattoman kokonaisuuden. (Insta DefSec Oy 2015b.)

1.1 Lähtökohdat

Insta DefSec teettää tämän työn, sillä yritys on mukana Euroopan unionin rahoittamassa NEXES-hankkeessa. Tämän hankkeen tavoitteena on selvittää, millaisia vaatimuksia ja muutoksia uuden teknologian käyttöönotto hätäkeskustoiminnassa, kuten ilmoitusten vastaanottamisessa sekä hälytysten välittämisessä, vaatii. Hankkeen tarkoituksena on tuottaa tietoa siitä, miten saataisiin integroitua erilaiset ilmoitukset, kuten tavalliset langapuhelut, matkapuhelimesta soitetut puhelut sekä erilaiset Internetin yli käytettävät mediaformaattit yhteen. Näihin erilaisiin formaatteihin lukeutuvat ääni- ja videopuhelut, yksittäiset kuvat, videot ja pikaviestit. (NEXES 2015.)

Tässä työssä keskitytään videopuheluihin ja tutkitaan niiden käyttämistä hälytyskeskustoiminnassa. Työssä pohditaan, miten videopuheluita voidaan hyödyntää hälytyskeskustoiminnassa, ja kartoitetaan videopuheluiden tarvetta sekä käyttötapauksia. Lisäksi työssä käsitellään esimerkkejä olemassa olevista ratkaisuista ja toteutetaan konseptiratkaisu videopuhelun käytöstä.

Videopuheluita käsitellään tässä työssä osana hätä- ja hälytyskeskustoimintaa. Työssä pohditaan videopuhelua sekä yhtenä ilmoitusmuotona että sen käyttöä eri toimialan toimijoiden, kuten päivystäjien, yksiköiden sekä johtokeskusten kesken. Eri toimijoilla voi olla erilaisia käyttötapauksia, joissa videosta voisi olla hyötyä. Videopuhelulla voidaan mahdollisesti parantaa eri toimijoiden välistä vuorovaikutusta toimialarajat ylittävien tapahtumien johtamisessa ja koordinoinnissa. Työssä tutkitaan lisäksi, miten videota hyödynnetään tällä hetkellä, mikä rajoittuu lähinnä erilaisten valvontajärjestelmien tuottaman videokuvan hyödyntämiseen osana hälytysilmoitusten käsittelyä. Nämä videot eivät ole videopuheluita, vaan erilaisia videosyötteitä, joita voidaan tarkastella valvontajärjestelmäkohtaisesti.

1.2 Tutkimusongelma

Tämän työn keskeinen osa on selvittää, miten videopuhelua voidaan hyödyntää hälytystoiminnassa ja mitä hyötyä siitä voisi olla eri toimijoille. Työssä pohditaan sekä uusia toimintamalleja että videopuhelun käytön yhdistämistä nykyisiin toimintamalleihin. Hälytystoiminnassa on tärkeää myös huomioida ratkaisun toimivuus ja arvioida kriittisesti, missä tilanteessa videota kannattaisi käyttää ja missä tilanteessa puolestaan siitä ei ole hyötyä.

Toinen osa työtä on selvittää, miten videopuhelu voidaan tuoda osaksi mahdollisia työkaluja, joita hälytyskeskuksessa toimiva päivystäjä käyttää. Videopuhelun hyödyntämistä varten tässä työssä selvitetään, millaisia vaatimuksia ja kriteereitä hälytystoimintaympäristö aiheuttaa videopuheluratkaisulle. Näiden kriteerien ja vaatimusten pohjalta tutkitaan millaisia videopuheluratkaisuja olisi mahdollista rakentaa.

1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset

Tässä työssä kartoitetaan keskeiset videopuheluiden käyttötapaukset, joissa videopuhelua voidaan hyödyntää osana hälytyskeskustoimintaa ja ilmoituksen vastaanottamisen sekä hälyttämisen prosesseja. Työssä tutkitaan eri videopuheluiden tekniikoita, joita arvioidaan muun muassa sovellukseen integroitavuuden perusteella. Lisäksi videopuhelun käyttöönottoa varten toteutetaan konseptiratkaisu, jonka avulla voidaan arvioida, millainen työ olisi integroida videopuhelut osaksi tuotetta. Tätä varten on rakennettu järjestelmä, jolla tehtyä konseptiratkaisua voidaan testata. Tämän järjestelmän avulla voidaan arvioida, millainen järjestelmä operatiivista käyttöä varten tarvittaisiin, jotta videopuhelua voidaan tukea yhtenä ilmoitusmuotona tai osana toimintamalleja.

Tästä työstä on rajattu pois selvitys siitä, millainen verkkoratkaisu ja infrastruktuuri vaadittaisiin, jotta Internetiä hyödyntävät mediat voidaan tuoda turvallisesti sisään järjestelmään, joka käyttää kerroksellista tietoturvaa. Työssä keskitytään siis siihen osaan prosessia, jossa videopuhelu on jo tuotu tietojärjestelmän käyttämän korkean suojaustason verkon sisään. Työssä ei myöskään keskitytä tutkimaan mahdollisia ilmoituspään sovelluksia, joilla voisi tehdä hätäilmoituksia. Nämä verkkoratkaisujen selvitystyöt ja ilmoituspään sovellukset jätetään jatkokehityksen osiksi, joita käydään läpi jatkokehitystä koskevassa luvussa.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Työssä tutkitaan erilaisia tekniikoita, joilla videopuheluita voidaan käyttää, sekä tutustutaan erilaisiin videopuheluratkaisuihin. Työssä hyödynnetään alan kirjallisuutta ja tie-teellisiä julkaisuja eri tekniikoiden käsittelyssä sekä arvioinnissa. Käyttötapausten pohdinnassa käytetään hyödyksi eri sidosryhmien, kuten hälytyskeskuspalveluiden käyttäjien sekä alan eri toimijoiden tuottamaa materiaalia, kuten esimerkiksi uutisia sekä mui-

ta julkaisuja. Työssä pohditaan toimintaympäristön aiheuttamia videopuheluratkaisun vaatimuksia, jotka perustuvat lakeihin sekä sisäministeriön että valtionhallinnon ohjeisiin ja säädöksiin. Näiden pohjalta arvioidaan eri videopuhelutekniikoita ja -sovelluksia. Näiden vaatimusten avulla arvioidaan lisäksi työssä toteutetun konseptiratkaisun suori-tuskykyä ja turvallisuutta. Lisäksi työssä käydään läpi, millaisia käytännön kokemuksia valituista työkaluista ja tekniikoista saatiin.

Videopuheluratkaisun arvioinnissa kiinnitetään huomiota videopuheluiden käytettävyy-teen ja toimivuuteen osana hätä- ja hälytyskeskustoimintaa. Tämän arvioinnin tarkoi-tuksena on selvittää, olisiko mielekästä integroida videopuheluratkaisu osaksi Insta Response -tuoteperhettä, joten työssä selvitetään erilaisia jatkokehitystarpeita käyttöta-pausten sekä työssä saatujen kokemusten pohjalta.

1.5 Työn rakenne

Työn toisessa luvussa esitellään hälytys- ja hätäkeskustoiminta sekä annetaan yleisku-vaus Insta Response -tuoteperheestä ja -järjestelmästä. Kolmannessa luvussa tutkitaan videopuhelun käyttöä hälytystoiminnassa sekä hahmotellaan erilaisia käyttötappauksia ja tutustutaan olemassa oleviin videopuheluratkaisuihin. Näiden käyttötapausten pohjalta voidaan arvioida, olisiko videopuhelu kannattavaa integroida järjestelmään, eli saavute-taanko uusilla käyttötappauksilla etua aiempiin toimintamalleihin verrattuna. Neljännessä luvussa selvitetään konseptiratkaisua koskevat vaatimukset ja tutkitaan erilaisia tekni-i-koita videopuhelulle sekä käydään läpi teknisiä ratkaisuvaihtoehtoja. Lisäksi tässä lu-vussa arvioidaan eri vaihtoehtoja vaatimusten perusteella.

Viidennessä luvussa käsitellään konseptiratkaisun toteutusta. Tässä luvussa selvitetään, mitä työkaluja konseptiratkaisun toteutus vaatii, sekä vertaillaan eri vaihtoehtoja. Tä-män selvityksen jälkeen käydään läpi toteutettu konseptiratkaisu ja pohditaan sen ja käytettyjen työkalujen soveltuvuutta hälytystoiminnan käyttöön. Kuudennessa luvussa pohditaan konseptiratkaisun pohjalta jatkokehitykselle suunnitelmaa, eli miten tästä eteenpäin jatkettaisiin ja millaisia lisätoiminnallisuuksia videopuheluratkaisu vaatisi operatiivisessa käytössä. Luvussa otetaan myös kantaa siihen, mitä konseptiratkaisun integrointi osaksi Insta Response -tuoteperhettä käytännössä vaatii. Viimeinen luku tar-joaa yhteenvedon työn sisällöstä sekä keskeisistä asioista ja havainnoista.

2. HÄLYTYSKESKUSTOIMINTA

Hälytyskeskustoiminta on kaupallista tai yksityistä toimintaa, joka ei kuulu julkisen hätäkeskustoiminnan piiriin. Tällainen toiminta voi olla esimerkiksi vartiointipalvelua, ilmoitinlaitteiden tuottamien ilmoitusten käsittelyä tai yksityishenkilöiden turvaamiseen liittyvää palvelua. Esimerkki tällaisten palveluiden tuottajasta on Insta DefSec Oy:n ja Turvatiimi Oy:n vuonna 2014 perustama yhteisyritys Responda 113 Oy. Yritys tarjoaa palveluita muun muassa kriittisen infrastruktuurin valvontaan sekä hoiva-alalle keskitämällä hälytyskeskus- sekä valvontapalvelut yhteen paikkaan. Responda 113 Oy tuottaa palvelut käyttämällä Insta Response -tuoteperheen tuotteita. (Insta DefSec Oy 2014.)

Yksityinen turvallisuuspalvelutoiminta on Suomessa lakisäätöistä toimintaa, jota määrää tällä hetkellä laki yksityisistä turvallisuuspalveluista (12.4.2002/282), joka on voimassa vuoden 2016 loppuun saakka. Vuoden 2017 alussa voimaanastuva laki yksityisistä turvallisuuspalveluista (1085/2015) kumoaa aikaisemman lain. Lain yksityisistä turvallisuuspalveluista (2015) 3 §:n mukaan vartioimisliiketoiminta on luvanvaraista toimintaa, jota saa harjoittaa turvallisuusalan elinkeinoluvan haltija. Poliisihallitus myöntää ja hallinnoi turvallisuusalan elinkeinolupia, joihin voi liittyä ajallisia ja alueellisia ehtoja sekä rajoituksia. Poliisihallitus vastaa myös yksityisten turvallisuuspalveluiden valvonnasta. (Laki yksityisistä turvallisuuspalveluista 2015, 68 §, 69 §, 84 §.) Tällä hetkellä voimassa olevain lain mukaan tarvitaan vartioimisliikelupa, jonka myöntää Poliisihallitus. (Laki yksityisistä turvallisuuspalveluista 2002, 3 §, 4§.)

Hälytyskeskustoiminta on hyvin samankaltaista hätäkeskustoiminnan kanssa. Toiminta on käynnissä ympäri vuorokauden. Keskuksissa toimivat päivystäjät vastaanottavat ilmoituksia sekä tekevät niiden perusteella tarvittavia toimenpiteitä, kuten hälyttävät vasteita. Hälytyskeskustoiminnassa suurin asiakasryhmä ovat yritykset, joiden kiinteistöjä ja muita toimintoja valvotaan. Hälytyskeskustoiminnassa keskeisessä roolissa on ilmoituksen vastaanottaja, joka on hälytyskeskuksessa toimiva päivystäjä. Ilmoituksen vastaanottaja käsittelee saapuvia ilmoituksia ja pyrkii selvittämään, mitä on tapahtunut ja missä. Saatujen tietojen perusteella ilmoituksen vastaanottaja määrittää tarvittavan vasteen ja välittää tehtävät eteenpäin.

2.1 Hätäkeskustoiminta

Hätäkeskustoiminta on Suomen laissa säädeltyä toimintaa, jonka tarkoituksena on edistää väestön turvallisuutta kaikkina vuorokauden aikoina. Toimintaa ohjaa sekä laki hätäkeskustoiminnasta (20.8.2010/692) että valtioneuvoston asetus hätäkeskustoiminnasta (14.10.2010/877). Hätäkeskuspalveluita tuottaa Hätäkeskuslaitos, jota ohjaa ja valvoo

sisäasianministeriö. Hätäkeskuslaitos tuottaa hätäkeskuspalvelut koko Suomessa Ahvenanmaata lukuun ottamatta. (Laki hätäkeskustoiminnasta 2010, 1 §, 3 §, 5 §.) Vuonna 2009 alkaneen hätäkeskusuudistuksen myötä Suomi on jaettu maantieteellisesti kuuteen alueeseen, joista jokaisella on oma ensisijainen hätäkeskuksensa. Tämä uusi aluejako tuli voimaan vuoden 2014 aikana. (Hätäkeskuslaitos 2015a.)

Lain hätäkeskustoiminnasta (2010) 4 §:n mukaan hätäkeskuslaitoksen tehtäviä ovat hätäkeskuspalveluiden tuottaminen, niiden tuottamiseen liittyvä eri viranomaisten toiminnan tukeminen sekä näihin palveluihin liittyvien tehtävien ja toimintatapojen kehittäminen ja valvonta. Hätäkeskuspalveluilla tarkoitetaan hätätilanteita koskevien ilmoitusten vastaanottamista sekä ilmoituksen tai tehtävän välittämistä eri viranomaisille tai muille tahoille viranomaisten antamien ohjeiden mukaisesti. Lain hätäkeskustoiminnasta (2010) 12 §:n mukaan hätäkeskuslaitoksen päivystystehtävää suorittavan henkilöstön tehtävänä on muun muassa vastaanottaa hätäilmoituksia, arvioida tehtävän kiireellisyys sekä tilanteen edellyttämät voimavarat, välittää ilmoitus tai tehtävä oikealle viranomaiselle sekä tarjota tukipalveluita eri viranomaisten tarpeisiin.

Valtioneuvoston asetuksessa hätäkeskustoiminnasta (2010) 3 §:ssä säädetään hätäkeskuslaitoksen antamista kiireellisistä tukipalveluista eri viranomaisille. Näihin tukipalveluihin lukeutuvat muun muassa lisähälytykset, hälytysvasteen muuttaminen sekä väestöhälyttimien käynnistäminen vaaratilanteessa. Lisäksi hätäkeskuslaitoksen vastuulla on välittää vaaratiedotteita, operatiivisia tiedotteita ja välittää virka-apupyynnöjä sekä muita tukipyynnöjä.

Hätäkeskuslaitoksen järjestelmään voidaan liittää ilmoitinlaitteita. Esimerkiksi järjestelmään voidaan kytkeä paloilmoitinlaitteita, jotka voivat olla pakollisia pelastusviranomaisen määräyksen tai rakennuslupamenettelyn perusteella. Järjestelmään voidaan liittää pelastusviranomaisen puoltamana omaehtoisia paloilmoitinlaitteita, joiden ilmoitusten käsittely tulkitaan liiketaloudelliseksi suoritteeksi. Hätäkeskuslaitos perii paloilmoitinjärjestelmien kytkennästä ja vuosittaisesta testauksesta maksuja. Järjestelmään voidaan liittää myös rikosilmoitinlaitteita, mikäli poliisi hyväksyy hakemuksen. Käytännössä rikosilmoitinlaitteen liittämiseen vaaditaan hyviä perusteita, kuten erityinen suojele, korotettu henkilöturvallisuus tai kulttuurihistoriallisesti arvokkaan kohteen suojele. (Hätäkeskuslaitos 2015b.)

2.2 Insta Response -tuoteperhe

Insta Response -tuoteperhe on hälytyskeskustoimintaan suunniteltu kokonaisuus. Tuoteperhe perustuu yhtenäiseen alustaan, minkä ansiosta eri tuotteet muodostavat yhdessä saumattoman kokonaisuuden. Tuoteperhe vastaa kaikkien turvallisuusalan toimijoiden, kuten hätäkeskusten, eri viranomaisten ja yksityisten hälytyskeskusten, tarpeisiin.

sista järjestelmistä ja liittynöistä tulevat ilmoitukset. Tulevaisuudessa ilmoituksia voitulla myös erilaisista hälytysilmoitussovelluksista. Nämä kaikki eri ilmoituskanavat yhdistyvät samaan järjestelmään, jossa eri ilmoitukset yhdistetään yhteiseen ilmoitusjonoon. Ilmoituksen vastaanottaja voi hälytyskeskuksessa hoitaa hälyttämisen ja kommunikation kentällä olevien yksiköiden kanssa samalla sovelluksella. Tämä Insta Response CC -sovellus hyödyntää muita palveluita, esimerkiksi tekstiviestien lähettämiseen matkapuhelimiin ja TETRA-päätelaitteisiin (Terrestrial Trunked Radio). (Insta DefSec Oy 2015c.)

3. VIDEON KÄYTTÖ HÄLYTYSTOIMINNASSA

VoIP-pohjaiset (Voice-over-IP) laitteet ja sovellukset ovat yleistyneet viime vuosina huomattavasti. Erilaiset viestintätavat ovat syrjäyttäneet tavalliset kaksisuuntaiset puhe-
lut. Nykyään kuvia ja videoita voidaan jakaa helposti ja nopeasti ympäri maailmaa ystä-
vien ja tuttavien kesken. Video- ja tekstipohjainen viestintä ovat korvaamassa tavalliset
järjestelmät kuten teleksit kuuroille ja kuulovammaisille. Nykyaikaiset matkapuhelimet
pystyvät välittämään hätäpuheluiden mukana muutakin informaatiota, kuten sijainnin.
Euroopan hätänumerojärjestö EENA:n tavoitteena on rakentaa yhteinen NG112-
arkkitehtuuri, jonka avulla seuraavan sukupolven hälytyskeskuspalvelut voitaisiin to-
teuttaa siten, että uudet teknologiat ja mahdollisuudet saataisiin hyödynnettyä. NG112-
visiossa eri teknologioita käytettäisiin saumattomasti yhdessä, eikä erilaisten viestimuo-
tojen, kuten äänen tai videon, käyttö eroa toisistaan. (EENA 2012, s. 10.)

Tällä hetkellä videota hyödynnetään hälytystoiminnassa lähinnä erilaisten valvontame-
kanismien välityksellä. Näissä tapauksissa itse hälytysilmoitus tulee jotain toista kana-
vaa pitkin ja operaattori voi ilmoitusta käsitellessään katsoa videokuvaa esimerkiksi
selaimen tai jonkin toisen sovelluksen välityksellä. Tällaiset hälytysilmoitukset tulevat
usein ilmoitinlaiteilmoituksina ennalta määrättyä väylää ja formaattia käyttäen. Esimer-
kiksi automaattinen palohälytin tai murtohälytin lähettää ilmoituksen järjestelmään sil-
loin, kun ne havaitsevat jotain normaalista poikkeavaa. Ilmoitukseen vastaamisen jäl-
keen operaattori voi avata tapahtumapaikkaan liittyvän valvontajärjestelmän videoku-
van tarkastaakseen tilanteen. Tämä eroaa videopuheluilla saapuvista hälytysilmoituksis-
ta siten, että videokuva ei ole osa hälytysilmoitusta ja hälytysilmoitus saapuu toista il-
moituskanavaa pitkin kuin muut puhelut.

Hälytystoiminnassa videopuheluista voi olla suuresti hyötyä. Ne auttavat rakentamaan
parempaa tilannekuvaa tapahtumasta jo ennen paikalle saapumista (YLE 2014), jolloin
esimerkiksi tulipalon laajuutta ja vakavuutta on helpompi arvioida jo etukäteen ja lähet-
tää paikalle tarkoituksenmukaisimmat yksiköt. Lisäksi operaattori voi opastaa ilmoituk-
sen tekijää videon avulla. Videopuheluiden avulla voidaan kommunikoida paremmin
kuulovammaisten ilmoitusten antajien kanssa, esimerkiksi käyttämällä viittomakieltä tai
näyttämällä tekstiä ja kuvia ilmoittajalle lähetettävällä videolla. Kuurojen liitto ry on jo
vuonna 2009 ottanut tavoitteeksi, että Suomessa voisi soittaa hätäkeskukseen videopu-
helun (Kuurojen liitto ry 2009). Videopuheluita voidaan hyödyntää hälytystoiminnassa
myös välittämällä kentällä toimivilta yksiköiltä tai jopa ilmassa olevilta koptereilta tai
muilta vastaavilta toimijoilta kuvaa hälytys- tai hätäkeskukseen. Tällöin operaattori voi
rakentaa tilannekuvaa entistä paremmin ja hyödyntää saatavilla olevaa informaatiota
mahdollisesti jopa ilman käyttäjien toimintaa. Esimerkiksi kentällä olevan yksikön au-

ton kamerasta voi olla mahdollista lähettää kuvaa pyydettyä suoraan keskukseen. Videopuhelun avulla päivystäjä voi myös välittää näkemänsä perusteella ohjeita muille osapuolille.

Videopuhelua voidaan pitää yhtenä uutena työkaluna hälytystoiminnassa. Sen avulla voidaan kehittää nykyisiä toimintamalleja entistä tehokkaammiksi ja paremmiksi sekä muodostaa kokonaan uusia toimintatapoja ja käytäntöjä. Videopuhelu mahdollistaa uudenlaisen tavan antaa apua hälytyskeskuksesta soittajalle välittömästi ennen kuin yhtäkään yksikköä saadaan tapahtumapaikalle. Videopuheluille voidaan luoda useita erilaisia käyttötapauksia, joista osa liittyy suoraan hälytysilmoitukseen johtavasta tapahtumasta alkavaan toimintaan. Osa käyttötapauksista puolestaan liittyy esimerkiksi valvontaan, jonka avulla tapahtumasta voidaan saada hälytysilmoitus hälytyskeskukseen.

3.1 Konsepti ja tarve

Tässä työssä tutkitaan, miten videopuhelu voidaan tuoda hälytyskeskuksen päivystäjälle ja miten päivystäjä voi videota hyödyntää. Videopuhelun lähteellä ei konseptiratkaisussa ole merkitystä. Tämän työn tarkoituksena on antaa parempi käsitys siitä, mihin videopuhelua kannattaisi mahdollisesti käyttää ja millaisen taustajärjestelmän se vaatii. Lisäksi pohditaan, millaisia haasteita videopuhelun hyödyntämisessä voi olla. Konseptiratkaisussa toteutetaan videopuhelimen integraatio työpöytäsovellukseen hyödyntämällä valittuja tekniikoita ja työkaluja.

Videopuhelun käytölle on tarvetta hälytystoiminnassa. Uusiin mediamuotoihin sekä IP-pohjaisiin viestintätekniikoihin on tarve saada tuki hälytyskeskusten järjestelmissä sekä julkisissa hätäkeskuspalveluissa. Pelkkään puheeseen tukeutuminen ei ole nykyaikana mielekäästä, sillä sosiaaliset mediat täyttyvät välittömästi tapahtumien tiedoista, kuvista ja videoista minuuteissa tapahtuneesta. Tämä informaatio, joka nyt kulkeutuu erilaisiin sosiaalisiin medioihin ja vastaaviin palveluihin, pitää saada hälytystoiminnan käyttöön, jolloin sitä voidaan käyttää osana tilanteen selvittämistä ja sopivan vasteen muodostusta. Toisaalta tarve videopuhelulle voi tulla myös luonnollisempaa kautta, esimerkiksi kuulovammaisten tapauksessa. Tällä hetkellä kuulovammaisten on hyvin vaikeaa hyödyntää hätäpuhelua, mutta videon avulla he voisivat kommunikoida esimerkiksi viittomakielellä hälytyskeskuksen päivystäjän kanssa, tai mahdollisesti hyödyntää videokonferenssia hälytyskeskuksen operaattorin sekä tulkin kanssa.

EENA on tunnistanut tilanteen, jossa useissa maissa on käytössä kansalaisten hätäilmoitusten tekemistä varten kehitettyjä 112-mobiilisovelluksia, mutta ongelmaksi muodostuu se, että suurin osa sovelluksista toimii vain tietyllä alueella tai tietyn maan sisällä. Tämä aiheuttaa sekaannusta käyttäjille ja voi johtaa jopa riskeihin väärän sovelluksen käytöstä väärässä paikassa, jolloin apu voi jäädä pahimmassa tapauksessa saamatta. EENA:n PEMEA (Pan European Mobile Emergency Apps) projektin tarkoituksena on kehittää yhteinen arkkitehtuuri, jonka avulla voidaan mahdollistaa koko Euroopan alu-

eella toimivia ratkaisuja. Toiseksi hankkeessa on tarkoitus määritellä vaatimuksia ja suuntaviivoja siitä, mitä eri maissa tulisi tehdä, jotta ilmoittajasta kerätty tieto saadaan toimitettua hätäkeskuksen operaattorille saakka. Kolmantena tavoitteena on kehittää varmennusmenetelmä, jolla voidaan taata tiedon formaattien yhteensopivuus, tietoturva ja yksityisyys sekä tiedon eheys eri osapuolten välillä ilmoittajalta hätäkeskukseen saakka. (EENA 2015, s. 4–5). Tämän projektin jatkokehityksessä otetaan huomioon myös kuvan ja videon lähettäminen osana hätäilmoitusta (EENA 2015, s. 8).

3.2 Käyttötapaukset

Videopuheluiden käyttö hälytystoiminnassa on uusi työkalu. Videopuhelun avulla voidaan vastaanottaa uudenlaisia ilmoituksia ja kommunikoida eri yksikköjen ja toimijoiden kanssa uudella tavalla. Se mahdollistaa integraation useisiin erilaisiin laitteisiin, kuten erilaisiin kenttäjärjestelmiin. Tällöin esimerkiksi hälytyskeskuspäivystäjä voi kytkeä videon päälle käskyttämällä järjestelmää. Videopuhelut tarjoavat työkalun, jolla voidaan muuttaa tapoja tehdä asioita. Esimerkiksi erilaisia järjestelmiä voidaan automatisoida, mikä mahdollisesti pienentää kustannuksia ja lisää järjestelmien luotettavuutta ja kattavuutta. Tällaiset automatisoidut järjestelmät voivat automaattisesti tehdä ilmoituksen videon kanssa suoraan hälytyskeskukseen.

Videopuhelun käyttö hälytystoiminnassa ei rajoitu ainoastaan hälytys- ja hätäilmoitusten tekemiseen, vaan sitä voidaan hyödyntää kommunikointiin kentällä olevien yksiköiden kanssa sekä erilaisiin valvonta- ja tilannekuvan rakentamisen tehtäviin. Erilaiset käyttötapaukset ovat esitettynä alla olevassa taulukossa 1. Taulukossa on lisäksi esitetty tavoite, johon kyseisellä käyttötapausella pyritään, ja toimijat, joiden kesken videota hyödynnetään.

Taulukko 1. Käyttötapausten luokittelu

Käyttötapaus	Käyttötavoite	Toimijat
Soittajan aloittama videopuhelu	Hätäilmoituksen ja sen lisätiedon tuottaminen	Kansalainen, hälytyskeskuskäyttäjä
Riskinarvion tai ohjeen perusteella aloitettava videopuhelu	Hätäilmoituksen ja sen lisätiedon tuottaminen	Kansalainen, Hälytyskeskuskäyttäjä
Kenttäyksikön videopuhelu	Lisätiedon välittäminen yksiköille, tilannekuvan parantaminen	Hälytyskeskuskäyttäjä, kenttäyksikkö
Valvonta ja tilannekuvan rakentaminen	Tilannekuvan parantaminen	Hälytyskeskuskäyttäjä, kenttäyksikkö / automaattinen valvontajärjestelmä
Videovalvontajärjestelmät	Hätäilmoituksen ja sen lisätiedon tuottaminen	Hälytyskeskuskäyttäjä

Taulukosta 1 voidaan havaita, että videopuheluiden hyödyntäminen kokonaisuutena tarjoaa monipuolisia mahdollisuuksia useille uusille ja erilaisille käyttötapauksille eri toimijoiden kesken. Näitä käyttötapauksia käsitellään tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.

3.2.1 Soittajan aloittama videopuhelu

Ensimmäinen käyttötapaus on soittajan aloittama videopuhelu, mikä tarkoittaa esimerkiksi normaalia hätänumeroon soitettua puhelua. Tällaisen hätänumeroon soitetun videopuhelun avulla soittaja voi suoraan lähettää äänen lisäksi kuvaa hälytyskeskuksen operaattorin nähtäväksi. Soittajan aloittamaa videopuhelua voidaan hyödyntää esimerkiksi siten, että kuulovammaisia ohjeistetaan soittamaan suoraan videopuhelu hätäkeskukseen. Kun puhelu otetaan hätäkeskuksessa vastaan ja operaattori vastaa puheluun, se tunnistetaan videopuheluksi, ja videokuvaa voidaan näyttää suoraan operaattorille. Puhelun soittaja voidaan mahdollisesti tunnistaa tunnetusta tai rekisteröidystä numerosta, ja tämän avulla voidaan saada tietoa soittajasta päivystäjälle jo etukäteen. Saatavien tietojen perusteella kuulovammaisen soittama puhelu voidaan ohjata esimerkiksi suoraan viittomakielentaitoiselle päivystäjälle, jolloin soittaja voi saada apua nopeammin paikalle, kun päivystäjä pystyy välittömästi käsittelemään ilmoituksen. Toinen vaihtoehto on, että päivystäjä ottaa videopuheluun kolmanneksi osapuoleksi viittomakielin tulkin, jolloin jokainen päivystäjä voisi käsitellä hätäilmoituksen tulkin avulla. Jos järjestelmä lisäksi osaa tunnistaa soittajan kuulovammaiseksi, voi järjestelmä automaattisesti soittaa tulkillle videopuhelun, jolloin ilmoitukseen vastatessa tulkki olisi välittömästi käytettävissä ja soittaja voisi kertoa asiansa ilman odotusta. Suomessa esimerkiksi Kela tarjoaa etätulkausta tiettyinä toimistoaikoina (Kela 2015). Tulkin käyttäminen

vaatii ympärivuorokautisen tulkkipäivystyksen, jolloin tulkki voidaan ottaa mukaan puheluun tarvittaessa vuorokaudenajasta riippumatta. Tällainen kolmen osapuolen välinen videopuhelu vaatii käytännössä videokonferenssituen, jota ei tässä työssä toteuteta.

Toisaalta soittaja voi soittaa videopuhelun, koska kokee sen olevan tarpeellinen ilmoituksen tekemistä varten. On mahdollista, että ilmoituksen tekijä ei esimerkiksi tiedä missä on eikä osaa arvioida tilanteen vakavuutta, tai hän voi haluta näyttää videolla kuvaa jostain tilanteelle tärkeästä asiasta. Esimerkiksi tulipalotilanteessa päivystäjä voi näin saada suoraan käsityksen tilanteen vakavuudesta ja tulipalon laajuudesta, jolloin videokuva voidaan välittää tapahtumapaikalle hälytettäville yksiköille, jotka voivat videokuvan perusteella varautua paremmin siihen, mikä todellinen tilanne on ja aloittaa operaation suunnittelemisen jo matkalla tapahtumapaikalle. Soittaja voi myös jatkaa videokuvan välittämistä siihen asti, kun yksiköt ovat tapahtumapaikalla. Toinen esimerkki soittajan aloittamasta videopuhelusta ovat erilaiset rikostilanteet, joissa esimerkiksi rikoksen tekijä, kuten pahoinpitelijä, voi tallentua videolle puhelun aikana, mikä saattaa edesauttaa tutkintaa sekä epäillyn kiinnisaamista. Lisäksi kaikki media tallennetaan, joten lähetettyä videota voidaan mahdollisesti hyödyntää myös jälkikäteen, esimerkiksi rikoksen selvittämisessä tai erilaisissa tapauksissa myös tapahtumien kulun selvittelyssä.

3.2.2 Riskinarvion tai ohjeen mukaan aloitettava videopuhelu

Videopuheluun siirtyminen voisi olla ohjeena riskinarvion perusteella, jolloin päivystäjä voisi pyytää siirtymistä videopuheluun. Tällöin päivystäjä voi kysyä kykeneekö soittajan käyttämä laite videon lähettämiseen ja mahdollisuuksien mukaan avataan yhteys. Riskinarvioon perustuva pyyntö perustuu viranomaisen tekemään arvioon siitä, että voidaanko videon avulla saada parempi tilannekuva ja parempaa tietoa tapahtuman käsittelyn helpottamiseksi esimerkiksi tulipaloissa ja liikenneonnettomuuksissa. Riskinarvio voisi ehdottaa videon käyttöä joko yksittäisen valinnan perusteella tai useiden valintojen yhteysvaikutuksesta. Tällä tarkoitetaan sitä, että esimerkiksi tulipalo yksinään ei riitä ehdottamaan videon käyttöä, mutta tulipalo ja leviämisvaara voisivat yhdessä antaa ehdotuksen videon käytöstä lisäinformaation saamiseksi. Toisaalta riskinarviossa voidaan myös hyödyntää videokuvan tarjoamaa informaatiota, ja siinä voidaan esittää kysymyksiä tapahtumasta, esimerkiksi tapahtumapaikalla mahdollisesti tapahtuvasta liikkeidinnästä tai tulipalosta.

Hälytyskeskuspäivystäjillä voi myös olla muita toimintamalleihin liittyviä ohjeistuksia, joiden perusteella päivystäjä voi harkita videon käyttämistä puhelun tukena. Tällaiset toimintamallit kehittynevät ajan saatossa videopuheluiden integroinnin jälkeen. Toisaalta videopuhelun mahdollisuus voi myös ohjata riskinarvioita jonkun verran, jolloin voidaan parantaa tapahtuman todellisen luonteen arviointia ja siten tarkoituksenmukaisempaa resurssien käyttöä riippuen siitä, voidaanko videota hyödyntää vai ei.

3.2.3 Kenttäyksikön videopuhelu

Videopuhelua voidaan hyödyntää tiedon saamisessa kenttäyksiköltä hätäkeskukseen tai johtokeskukseen. Videopuhelu voi tulla kentältä joko hätäkeskuksen tai johtokeskuksen aloitteesta, jolloin yksiköltä pyydetään videokuvaa tilanteesta tai tapahtumapaikalta esimerkiksi epäselvissä tilanteissa tai osana tilannekuvan muodostamista. Toisaalta videopuhelu voi tulla myös kenttäyksikön aloitteesta yksikön saapuessa tapahtumapaikalle, jolloin johtokeskus tai hälytyskeskus voi suoraan päästä mukaan tapahtumiin ja muodostamaan omaa tilannekuvaa. Esimerkki tilanteesta, jossa yksikkö lähettää kuvaa omasta aloitteestaan, on pelastusyksikön saapuminen tulipalopaikalle. Tällöin johtokeskukseen ja tilannekeskukseen saadaan toimitettua parempaa tilannekuvaa johtamisen tueksi. Tällainen tilannekuvan saaminen johtokeskukseen on tärkeässä roolissa erityisesti yhteistoimintaympäristössä, jossa samalla tapahtumalla voi olla toimimassa usean eri toimialan tai organisaation yksiköitä.

Videon käyttäminen voi tapahtua myös johtokeskuksen tai tilannekeskuksen pyynnöstä esimerkiksi silloin, kun tilannekuva johtokeskuksella vaatii tarkennusta, mutta kuitenkin niin, ettei yksiköiden toimintaa haitata kysymällä tilanteesta tietoa. Tällaisen videon pyytäminen kentältä ja videopuhelun aloittaminen voisi tapahtua automaattisesti, jos kenttäjärjestelmä on integroitu muuhun järjestelmään. Tällöin yksiköltä ei tarvita toimenpiteitä ja se voi keskittyä tehtävän suorittamiseen ilman häiriöitä. Poliisiautossa oleva kamera, jota voidaan ohjata hälytys- tai johtokeskuksesta käsin, on esimerkki tällaisesta integraatiosta. Kameraa voisi olla mahdollista kääntää ja zoomata etäyhteyden avulla tai autossa voisi olla useampia kameroita, joista kaikista voitaisiin tarvittaessa pyytää tai lähettää videokuvaa.

3.2.4 Valvonta ja tilannekuvan rakentaminen

Yksi mielenkiintoinen käyttötapaus videopuhelun hyödyntämiselle on erilaiset valvontatehtävät. Esimerkiksi miehittämättömiä ilma-aluksia kuten lennokkeja ja pienkoptereita voidaan hyödyntää tapahtumien valvonnassa ilmasta käsin proaktiivisesti ja reaktiivisesti. Esimerkki proaktiivisesta valvonnasta ovat metsäpalojen valvontalennot, jotka voisivat automaattisesti ottaa videoyhteyden hälytyskeskukseen, mikäli järjestelmä havaitsee metsäpalon. Tämä mahdollistaisi valvontalentojen automatisoinnin sekä laskisi niiden kustannuksia. Miehittämättömiä ilma-aluksia voidaan hyödyntää myös rajojen partioinnissa ja muissa vastaavissa valvonta- ja seurantatehtävissä, joissa tarvitaan kuvaa ilmasta käsin.

Reaktiivinen valvonta puolestaan tarkoittaa esimerkiksi sitä, että hälytyskeskuspäivystäjä riskinarvion tai oman harkintansa perusteella lähettää miehittämättömän ilma-aluksen tapahtumapaikalle. Tässä tapauksessa tietynlainen riskinarvion valintojen joukko voi antaa tuloksena esimerkiksi vaihtoehdon tai jopa automaattisesti hälyttää miehittämättömän ilma-aluksen tapahtumapaikalle. Tällaista toimintatapaa voidaan hyödyntää esi-

merkiksi maastopalojen tutkinnassa sekä laajojen liikenneonnettomuuksien arvioinnissa tai muissa vastaavissa tilanteissa. Ilma-aluksen on mahdollista olla paikalla nopeasti ennen yksiköitä, jolloin päivystäjä voisi saada tarkemman tilannekuvan nopeammin ja tehdä asianmukaisia toimia ja hälytyksiä. Tämä ilma-alus voisi kuljettaa mukanaan esimerkiksi ensiaputarvikkeita, ja sen avulla päivystäjä voisi myös antaa ohjeita paikan päällä oleville henkilöille.

On kuitenkin huomattavaa, että miehittämättömien ilma-alusten käyttöä rajaa tällä hetkellä suurelta osin lainsäädäntö, jota pitäisi kehittää niiden käytön mahdollistamiseksi. Jos ilma-alukset toimisivat täysin itsenäisesti, tulisi niihin kehittää älykkäitä järjestelmiä, jotka osaisivat estää törmäyksiä toisiin aluksiin. Tämä vaatii myös yhteisesti sovitut toimintatavat kaupallisen lentotoiminnan ja siviili-ilmailun kanssa. Lisäksi miehittämättömät pienet ilma-alukset ovat erittäin sääherkkiä. Tästä seuraa automaattisesti se, etteivät ne voi olla ainoa osa valvontaprosessia tai tilannekuvan muodostamisen keinoja, vaan tällä tavoin hankittu videokuva ainoastaan laajentaisi käsitystä tilanteesta ja tukisi toimintaa tarvittaessa sen ollessa mahdollista.

3.2.5 Videovalvontajärjestelmät

Videovalvontajärjestelmät ovat yksi videon käyttötapaa, jota jo nyt hyödynnetään hälytystoiminnassa. Videopuheluita hyödyntäen valvontajärjestelmät voisivat hälytystilanteessa soittaa videopuhelun hälytyskeskukseen sen sijaan, että järjestelmä lähettäisi muuta ilmoituskanavaa pitkin ilmoitinlaitelmoituksen, jota käsitellessään operaattori voisi erikseen avata kyseisen valvontajärjestelmän videokuvan. Videopuheluintegraation jälkeen valvontajärjestelmä voisi suoraan tehdä videopuhelun hälytyskeskukseen, jolloin videokuva hälytyksen aiheuttaneesta sijainnista olisi käytettävissä heti, kun operaattori ottaa ilmoituksen käsittelyyn.

Tällaisia järjestelmiä varten voidaan kehittää myös integraatiota, josta olisi hyötyä valvontajärjestelmissä samaan tapaan kuin kenttäjärjestelmissäkin. Tällöin operaattori voi ohjata videopuheluun vastaamisen jälkeen valvontajärjestelmää näyttämään tiettyä kameraa tai useampia kameroita. Toisaalta olisi mahdollista hyödyntää myös videokonferenssia, jossa videovalvontajärjestelmän eri kameroista voidaan katsoa kuvaa samaan aikaan. Operaattori voisi myös mahdollisesti ohjata valvontajärjestelmän kameroita eri suuntiin ja zoomata. Operaattorilla voisi olla mahdollisuus kelata videokuva, mikäli valvontajärjestelmä tallentaa videota. Tällaisten toimintojen avulla operaattori voi selvittää tapahtumien kulkua sekä päätellä, millainen tarve on saada yksiköitä paikan päälle ja millaisiin tehtäviin. Esimerkiksi, jos videolta näkyisi ilkivaltaa, mutta henkilöt olisivat poistuneet paikalta, voisi paikalle lähettää vartijan tai poliisin, mutta tehtävällä ei välttämättä olisi niin kiire. Jos tekijät olisivat edelleen paikalla, voitaisiin vartija tai poliisi hälyttää suuremmalla kiireellisyydellä, jolloin tekijät voitaisiin saada kiinni. Kuva- tunkaltaisilla toimintatavoilla ja -malleilla voidaan tehostaa toimintaa ja kohdentaa resurssien käyttöä paremmin. On myös huomattava, että tällaiset toimintamallit todennä-

köisesti vaativat videopuhelujärjestelmän käyttöä, jotta mahdollisesti optimoitavissa olevat tapahtumat voidaan havaita. Käytännön kokemusten myötä prosessit hioutuisivat paremmiksi.

3.3 Olemassa olevat ratkaisut

Videon käytöstä medianä hlytystoiminnassa ei ole kovin paljon olemassa olevia ja operatiivisessa käytössä olevia esimerkkejä. Joitain ratkaisuja kuitenkin on, kuten Alankomaissa käytössä oleva älypuhelinsovellus, jolla voi lähettää poliisille kuvia tai videoita (EENA 2014, s. 19). NG112-hankkeessa on kuitenkin tarkoitus kehittää yhteisiä toimintamalleja, joiden avulla uudet mediat, kuten video saataisiin hyödynnettyä operatiivisessa käytössä osana hätäkeskustoimintaa.

REACH112-projektissa (REsponding to All Citizens needing Help) kehitettiin viidessä eri maassa pilottisovelluksia, joilla hyödynnettiin osaa seuraavan sukupolven hätäkeskustoiminnoista, kuten Internet-pohjaisia puheluita. Lisäksi projektissa testattiin videon ja tekstin toimivuutta osana hätäilmoittamista. Yhtenä haasteena tässä projektissa mäännettiin myös hätäilmoituksen reititys oikeaan paikkaan, jolla tarkoitetaan ilmoituksen reitittämistä esimerkiksi lähimpään hätäkeskukseen. (Delprato & Machado 2010.) Hätäkeskuslaitoksen uudessa tietojärjestelmässä ERICA:ssa tämä ei ole samalla tavalla ongelma, sillä siinä kaikki ilmoitukset yhdistetään samaan järjestelmään sijainnista riippumatta.

Englannin West Midlandsin palolaitos puolestaan kehittää omaa web-pohjaista 999Eye-sovellusta, jonka avulla saadaan palolaitoksen yksiköille parempi tilannekuva tapahtuneesta jo matkalla tapahtumapaikalle. 999Eye-sovellus toimii siten, että hälytyskeskuksessa päivystäjä voi soittajan luvalla lähettää soittajalle tekstiviestin, joka sisältää yksilöidyn URL-osoitteen. Tämän linkin avaamalla soittajalle aukeaa kertakäyttöinen sivu, jossa soittaja voi lähettää videokuvaa, jonka hälytyskeskuksen päivystäjä näkee. Sovellus myös aktivoi puhelimen kaiuttimen, jolloin soittaja voi edelleen kommunikoida päivystäjän kanssa samalla kun hän lähettää videota tapahtumapaikalta. (ITV News 2014.)

TU Delftin yliopistossa Alankomaissa on kehitetty ensiapukäyttöön pientä ilma-alusta, joka voi kuljettaa tapahtumapaikalle defibrillaattorin ja jonka avulla päivystäjä voi antaa ohjeita ilmoittajalle. Projektissa kehitetty ilma-alus painaa 4 kilogrammaa ja sen kantokyky on 4 kilogrammaa. Ilma-aluksen maksiminopeus on 100 km/h. Ilma-alus käyttää suunnistukseen GPS-paikannusta (Global Positioning System), jolloin se voidaan lähettää suoraan ilmoittajan tiedoista saatuu koordinaattiin. (TU Delft 2015.) Tällainen ilma-alus voisi hyvinkin olla esimerkiksi kaupunkialueella muita autolla tai jalan liikkuvia yksiköitä nopeammin paikalla, jolloin esimerkiksi defibrillaattoria päästäisiin käyttämään nopeasti. TU Delftin (2015) mukaan tällä ilma-aluksella voidaan toimittaa ensiapuvälineistöä 12 neliökilometrin alueelle minuutin sisällä, mistä voi olla huomattavaa hyötyä mahdollisessa hätätilanteessa, jolloin kyse usein on minuuteista tai jopa sekun-

neista. Ilma-aluksessa on kamera, joka välittää kuvaa hätäkeskuksen päivystäjälle. TU Delftin (2015) mukaan vain noin 20 % defibrillaattorin käyttäjistä onnistuu sen käyttämisessä ilman ohjeita, mutta jos päivystäjä antaa ohjeita, niin onnistumisen todennäköisyys voisi olla jopa 90 %. Ilma-alusten käyttöönottoa hidastavat toisaalta lainsäädännölliset ongelmat, jotka eivät salli ilma-aluksen liikkumista itsenäisesti, sekä ilma-aluksen törmäyksen estävät järjestelmät, jotka vaativat vielä kehittämistä.

Vastaavanlaista ratkaisua on kehittänyt myös DEA Drones, joka on ollut myös mukana EENA:n projekteissa. DEA Drones tarjoaa miehittämättömän ilma-aluksen kehitystyötä sekä sen integrointia osaksi eri organisaatioiden, kuten poliisin, ensihoidon sekä palokunnan, toimintaa. DEA Drones on kehittänyt tuotteita myös etsintä- ja pelastustehtäviin, sekä suurvahinkojen torjuntaan ja ehkäisyyn. Yrityksen strategia perustuu siihen, että alueelle suunnitellaan strateginen verkosto miehittämättömien ilma-alusten valmiuspaikkoja, joista tarvittaessa ohjataan lähin ja nopein alus tapahtumapaikalle. (DEA Drones 2015.)

4. TEKNISET RATKAISUVAIHTOEHDOT

Internet on mullistanut telekommunikaatiojärjestelmät mahdollistamalla uusia sovelluksia ja palveluita. VoIP-teknologiat ovat kehittyneet nopeasti ja sovellukset ovat saaneet tuen äänen lisäksi myös videolle. IP-pohjaisten tekniikoiden etuna ovat niiden alhaiset kustannukset, sillä tietoa voidaan siirtää pitkiä välimatkoja edullisesti julkisen Internet-verkon yli. Tavalliset puhelinverkkojen puhelut voidaan yhdistää päätteisiin IP-verkossa tai ne voidaan välittää IP-verkon yli esimerkiksi käyttämällä SIP- ja RTP-protokollia (Session Initiation Protocol, Real-Time Transport Protocol). (Harjit et al. 2013, s. 365–366.)

Näiden IP-pohjaisten tekniikoiden sekä älykkäiden mobiililaitteiden yleistymisen luovat mahdollisuuksia myös hälytystoimintaympäristössä. Nykyään on mahdollista lähettää erilaisiin Internet-palveluihin, kuten sosiaalisiin medioihin, kuvia ja videoita välittömästi omalla älypuhelimella. Hälytystoiminnassa ja hätäkeskuksissa ei kuitenkaan vielä tällä hetkellä ole juurikaan mahdollisuuksia ottaa vastaavanlaista multimediaa vastaan, mikä saattaa hidastaa tilannekuvan kehittymistä sekä tarvittavan avun paikalle saamista. Tästä syystä Euroopan unioni on rahoittamassa projekteja, joissa pyritään kehittämään yhteiseurooppalaisia toimintamalleja, joilla IP-pohjaiset tekniikat saataisiin myös hätäkeskusten käyttöön. Nämä toimintamallit tähtäävät siihen, että koko Euroopan unionin alueella hyödynnettäisiin esimerkiksi samoja mobiililaitesovelluksia, jolloin ei tarvitse erikseen tietää, millä alueella kutakin sovellusta kuuluu käyttää. Tässä luvussa tutkitaan, millaisia vaatimuksia hälytystoiminta aiheuttaa videopuheluratkaisulle hälytyskeskus-käytössä sekä käydään läpi erilaisia videopuheluiden toteutustekniikoita ja vaihtoehtoja. Näiden eri tekniikoiden ja vaihtoehtojen soveltuvuutta työssä toteutettavaan konsepti-ratkaisuun arvioidaan vaatimusten pohjalta.

4.1 Videopuheluratkaisun vaatimukset

Hälytystoiminta aiheuttaa ympäristönä käytettävälle järjestelmälle useita erilaisia vaatimuksia. Tässä luvussa käydään läpi niitä järjestelmän ja videopuheluratkaisun vaatimuksia, joita videon hyödyntäminen osana hälytystoimintaa asettaa. Yleisesti ottaen ohjelmistojen vaatimukset voidaan jakaa toiminnallisiin ja ei-toiminnallisiin vaatimuksiin. Tässä luvussa hyödynnetään FURPS-vaatimusviitekehystä, joka jakaa laatuvaatimukset viiteen eri osa-alueeseen: toiminnallisuus, käytettävyys, luotettavuus, suorituskyky ja ylläpidettävyys.

FURPS-malli on alun perin Hewlett-Packardin kehittämä ja siitä on myöhemmin muodostunut myös päivitetty versio, FURPS+. Tässä uudessa versiossa pyritään kiinnittä-

mään huomioita aiempaa paremmin järjestelmän rakennevaatimuksiin (engl. design requirements), käyttöönoton olennaisiin vaatimuksiin (engl. implementation requirements) sekä muihin järjestelmäkomponentteihin (engl. interface requirements) ja fyysisiin rajoitteisiin (engl. physical requirements). FURPS+ -mallia käytetään nykyään laajasti ohjelmistotuotannossa. (Eales 2005.)

4.1.1 Toiminnallisuus

Videopuheluratkaisun tulee olla integroitavissa, eli täytyy olla mahdollista integroida se osaksi käytettävää tietojärjestelmää. Tällä tavoin hälytyskeskuksen operaattorin ei tarvitse käyttää useampaa eri sovellusta, vaan kaikki saadaan tehtyä yhden sovelluksen kautta. Tässä työssä toteutettavan videopuheluratkaisun tulee olla helposti ja pienellä työmäärällä integroitavissa osaksi Insta Response -tuoteperhettä. Tämä vaatimus määrittelee toteutettavan ratkaisun ohjelmointikielen sekä käyttöjärjestelmän, jolla sovellusta suoritetaan.

Videopuheluratkaisussa tulee kiinnittää huomiota tallennettavuuteen. Kaiken hälytystoiminnassa tapahtuvan kommunikaation tulee olla tallennettavissa, kuunneltavissa ja katsottavissa jälkikäteen, jos tapahtumien kulkua halutaan analysoida. Lisäksi tällä taataan hälytyskeskuksen päivystäjän oikeusturva. Lisäksi sovelluksen tulee tuottaa sen käytöstä lokia, jonka avulla voidaan jälkikäteen tutkia, mitä on tapahtunut ja mihin aikaan.

Sovelluksen tulee pystyä toimimaan erillään Internetistä. Lisäksi media tulee voida siirtää turvallisesti päätteiden välillä, jotta voidaan taata tiedon eheys, luottamuksellisuus ja saatavuus sekä turvata eri osapuolten yksityisyyden suoja. Esimerkiksi Microsoftin Skypen tietoturva on ollut esillä useaan otteeseen kyseenalaisten verkkoratkaisujen johdosta. Ratkaisun tulee olla sellainen, että se täyttää mahdolliset tietoturva-vaatimukset, joita tuotteeseenkin sovelletaan. Näitä vaatimuksia on käsitelty puolustusministeriön johdolla laaditussa kansallisen tietoturvan auditointikriteeristö Katakriissa, joka käsittelee turvallisuusjohtamista, fyysistä turvallisuutta sekä teknistä tietoturvallisuutta. Lisäksi valtiovarainministeriö on laatinut osana VAHTI-ohjeistuksia sovelluskehityksen tietoturvaohjeen.

4.1.2 Käytettävyys

Videopuhelusovelluksen käytettävyys tulee olla hyvällä tasolla ja tukea hälytystoimintaa. Tällä tarkoitetaan sitä, että sovellus tukee operaattorin toimintaa eikä aiheuta katkoksia työn tekemiseen. Videopuheluratkaisua ajatellen tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että saapuva videopuhelu on operaattorin näkökulmasta samanlainen kuin mikä tahansa muukin saapuva ilmoitus, johon vastataan samalla tavalla kuin muihin saapuviin ilmoituksiin. Tällöin operaattori voi toimia myös saapuvien videopuheluiden tilanteessa samalla tavoin kuin normaalistikin.

Videon tulee olla käytettävissä sovelluksesta helposti eli sen päälle laittaminen sekä päältä pois ottaminen tulee olla tehtävissä helposti ja nopeasti. Hälytyskeskustoiminnassa on tärkeää, ettei ilmoitusten käsittely vie tarpeettoman paljon aikaa. Pää tavoite ilmoituksen käsittelyssä on saada selvitettyä, mitä on tapahtunut ja hälyttää tarvittava apu mahdollisimman pian paikalle. Myös videon laatuun liittyvät säädöt tulevat olla helppokäyttöiset. Jatkokehityksen kannalta sovelluksen käytettävyydessä tulee mahdollisuuksien mukaan huomioida lisäksi usean osanottajan videokonferenssit, jotka saattavat aiheuttaa omanlaisia haasteita sovelluksen käyttöliittymän suunnittelulle.

4.1.3 Luotettavuus

Järjestelmän tulee olla luotettava, sillä sen tulee olla käytössä ympäri vuorokauden jokaisena päivänä vuodessa. Tämä vaatii hyvää suunnittelua ja huolellista testaamista. Järjestelmän osakomponenttien, kuten puhelinvaihteen, tulee olla varmennettuja, jotta niiden saatavuus voidaan varmistaa. Tällä ehkäistään myös tilanteita, joissa puhelu katkeaa jonkin järjestelmän osakomponentin pettäessä. Ideaalitilanteessa järjestelmä toimii ilman katkoksia erilaisissa vikatilanteissa. Vikatilanteissa toiminnassa voi olla joitain ennalta määritettyjä rajoituksia, mutta järjestelmän palautuessa toimintaan näiden rajoitusten tulee poistua mahdollisimman nopeasti. Järjestelmän komponentteja päivittäessä voidaan hyödyntää varmennusta, jossa komponentit voivat olla esimerkiksi kahdennettuja. Tällöin toinen osa voidaan sammuttaa ja päivittää, kun taas toinen osa on edelleen käytettävissä.

Ratkaisun tulee olla lisäksi vikasietoinen. Sovelluksen tulee esimerkiksi kyetä palamaan yksinkertaisempaan tiedonvälitysmuotoon, jos esimerkiksi tiedonsiirrossa on ongelmia tai verkon suorituskyky tai kapasiteetti ei riitä. Videopuhelun tapauksessa voidaan siirtyä videopuhelusta äänipuheluun, lähettää videokuvaa heikommalla laadulla tai pienentää kuvataajuutta. Tämä voi tapahtua täysin manuaalisesti käyttäjän toimesta, automaattisesti järjestelmän toimesta erilaisissa tunnistettavissa tilanteissa tai näiden yhdistelmällä, jolloin järjestelmä voi heikentää videon kuvanlaatua automaattisesti, mutta käyttäjälläkin olisi mahdollisuus muuttaa videokuvan laatua.

4.1.4 Suorituskyky

Suorituskyvyn tulee olla riittävän hyvä, jotta ratkaisua voidaan käyttää riittävällä videon tarkkuudella muun sovelluksen suorituskyvyn siitä kärsimättä. Sovelluksen sekä muiden komponenttien vasteaikojen tulee olla riittävän lyhyitä, jotta sovellusta voidaan käyttää sujuvasti eikä operaattorin tekemiseen tule turhaa viivettä. Lisäksi videopuhelutekniikan tulee tukea riittävän hyviä pakkaustekniikoita, jolloin verkon kuormitusta voidaan minimoida. Verkon suunnittelussa tulee huomioida todellisessa käytössä haluttu kapasiteetti videon välitykselle, jotta verkko kestää kuormituksen myös ruuhkahuipuissa ilman, että operaattorien on luovuttava videon käytöstä.

Järjestelmän sekä sen komponenttien tulee käynnistyä sekä palautua vikatilanteista riittävän nopeasti, mikä takaa järjestelmän saatavuutta. Järjestelmän eri osien tulee olla seurattavissa, jolloin erilaiset vikatilanteet voidaan tunnistaa ja niihin voidaan puuttua mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Seurannan avulla voidaan järjestelmästä lisäksi löytää mahdolliset pullonkaulat, joita voidaan yrittää poistaa.

4.1.5 Ylläpidettävyys

Ratkaisun tulee olla laajennettavissa tukemaan erilaisia tiedonvälitysmuotoja, kuten pikaviestintää. Tämä on tärkeässä roolissa, sillä esimerkiksi uusien ja nykyistä tehokkaampien videoiden pakkausformaattien käyttöönoton tulisi onnistua ilman merkittäviä lisätoita. Tällaisella suunnittelulla voidaan pidentää ratkaisun käyttöikää. Kun ratkaisu on laajennettavissa uusien teknologioiden noustessa merkittäviin rooleihin, ei järjestelmän komponentteja tarvitse vaihtaa vaan niitä voidaan päivittää.

Ratkaisun tulee olla myös testattavissa, jolloin voidaan ennaltaehkäistä vikatilanteiden muodostumista. Tämä edesauttaa löytämään mahdolliset virheet järjestelmässä ennen sen operatiivista käyttöönottoa. Tällä tavoin voidaan parantaa järjestelmän saatavuutta, koska silloin sitä ei tarvitse päivittää niin usein. Järjestelmän tulee tukea mahdollisia uusia käyttöjärjestelmäversioita, jotta yhteensopivuus säilyy myös tulevaisuudessa.

4.2 Tekniikat

Videopuheluita varten on kehitetty useita erilaisia tekniikoita, joita voidaan hyödyntää monilla eri laitteilla. On olemassa niin suljettuja kuin avoimia ratkaisuja. Suurin osa tekniikoista pohjautuu SIP- ja RTP-protokollaan, joita muun muassa Microsoftin Skype ja Applen FaceTime hyödyntävät. Suljetuissa ratkaisuissa näiden protokollien päälle on kehitetty muita laajennuksia, joiden avulla voidaan esimerkiksi kirjata käyttäjiä sisään ja ohjata sekä reitittää verkkoliikennettä. Suljettujen ratkaisujen laajennuksista ei ole juurikaan julkista tietoa saatavilla, koska niitä ei ole suunniteltu yhteensopiviksi muiden ratkaisujen kanssa. Tässä työssä esitellään yleisimmät tekniikat ja pohditaan niiden soveltuvuutta hälytystoimintaan ja työssä toteutettavaan konseptiratkaisuun. Luvussa esitellään tarkemmin yleisimmät SIP- ja RTP-protokollat sekä valmiista ratkaisuista Skype ja Lync, sillä ne ovat yleisimmät ja tunnetuimmat videopuhelusovellukset. Muut tekniikat ja sovellukset esitellään omassa luvussa.

Videopuhelutekniikat ovat vuosien saatossa kehittyneet huimasti ja videoiden pakkausmenetelmät ovat kehittyneet yhtä nopeasti. Tämä mahdollistaa entistä parempilaatuisen reaaliaikaisen videokuvan lähettämisen ilman, että videon pakettikoko kasvaa. Videoiden pakkausmenetelmien kehitykseen on myötävaikuttanut verkkoinfrastruktuurin kehityksen mahdollistamat uudenlaiset videon käyttötavat, kuten videoiden katsominen suoraan Internetistä langallisia ja langattomia yhteyksiä pitkin (Schwarz, Marpe & Wie-

gand 2007). Näihin muihin tarkoituksiin kehitettyjä pakkaustekniikoita voidaan hyödyntää myös videopuheluiden kanssa.

4.2.1 SIP- ja RTP-protokollat

Session Initiated Protocol eli SIP on RFC 3261:n mukainen signaalointiprotokolla yhteyksien luomiseen ja ylläpitoon IP-pohjaisissa verkoissa. Sessioilla viitataan välitettävään mediaan, joka voi olla esimerkiksi ääntä tai videokuvaa. Sessiot kuvataan SDP-protokollalla (Session Description Protocol), joka on määritelty RFC 4566:ssa. Uusia sessioita luotaessa SIP-viestien mukana kuljetetaan SDP:n mukainen session kuvaus, jolloin osapuolet voivat sopia keskenään käytettävistä parametreista, kuten osoitteista ja mediatyypeistä. SDP:n session kuvauksessa tärkeimmät elementit ovat median tyypit, joita halutaan välittää, medioiden muoto sekä IP-osoite ja portti, johon mediapaketit tulee välittää. (Perea 2008, s. 43.)

Käyttäjät tunnistetaan SIP-arkkitehtuurissa SIP URI -tunnisteen perusteella (Uniform Resource Identifier), joka noudattaa yleisiä URI:n sääntöjä, jotka määritellään RFC 3986:ssa. Yleisesti ottaen SIP URI -tunniste identifioi kommunikaatioresurssit sekä sisältää tarvittavan informaation yhteyden avaamiseen sekä ylläpitämiseen. Esimerkki SIP URI:sta voisi olla muotoa: sip:tuomo.ala-vannesluoma@insta.fi. Tämä tunniste noudattaa sip-skeemaa ja käsittää kaksi @-merkillä erotettua osaa. Ensimmäinen osa on vapaaehtoinen ja määrittää tietyn resurssin vastaanottavassa päässä. Jälkimmäinen osa kertoo palvelimen osoitteen sekä mahdollisen portin. Palvelimen osoite voi olla jokin domain nimi (Fully Qualified Domain Name, FQDN) tai IP-osoite. Domain nimen tapauksessa IP-osoite voidaan selvittää käyttämällä DNS-palvelua. SIP URI -tunniste voi käsittää eri asioita. Se voi edustaa tiettyä henkilöä tai tiettyä käyttäjää tietyssä paikassa, SIP-palvelinta, henkilöryhmää tai palvelua. Esimerkki palvelusta voisi olla konferenssi, joka koskee yhtä tiettyä asiaa. Tällöin jokainen palvelun kanssa kommunikoiva yhdistetään konferenssiin (Perea 2008, s. 44–45.)

SIP ratkaisee kaksi ongelmaa IP-pohjaisessa multimedian välityksessä. SIP hoitaa session luonnin, ylläpidon sekä päättämisen. Lisäksi se ratkaisee käyttäjien sijainnin ongelman. Session luonti tarkoittaa käytännössä sitä, että puhelun alussa vastaanottaja voi päättää haluaako hän hyväksyä tai hylätä yhteydenpidon. Session luomisen yhteydessä osapuolet sopivat session parametreista. Toisaalta SIP:iä voidaan käyttää session muuttamiseen kesken yhteydenpidon, esimerkiksi uusien mediakomponenttien lisäämiseen olemassa olevaan sessioon. SIP:n avulla voidaan hoitaa myös session päättäminen, kun jompikumpi osapuolista niin haluaa ja tällöin median välitys ja vastaanottaminen voidaan pysäyttää. Kun puhelu halutaan aloittaa, välitetään SIP:n avulla tieto vastaanottajalle ja välitetään puhelun etenemisestä tietoa soittajalle. Kun puheluun vastataan, välitetään tieto soittajalle, jolloin SIP:n avulla osapuolet sopivat parametreista, kuten äänen ja videon koodekeista. Tämän jälkeen äänen ja videon välittäminen osapuolten välillä voidaan aloittaa. SIP:iä käytettäessä käyttäjän sijainnin tietoa ylläpidetään SIP-

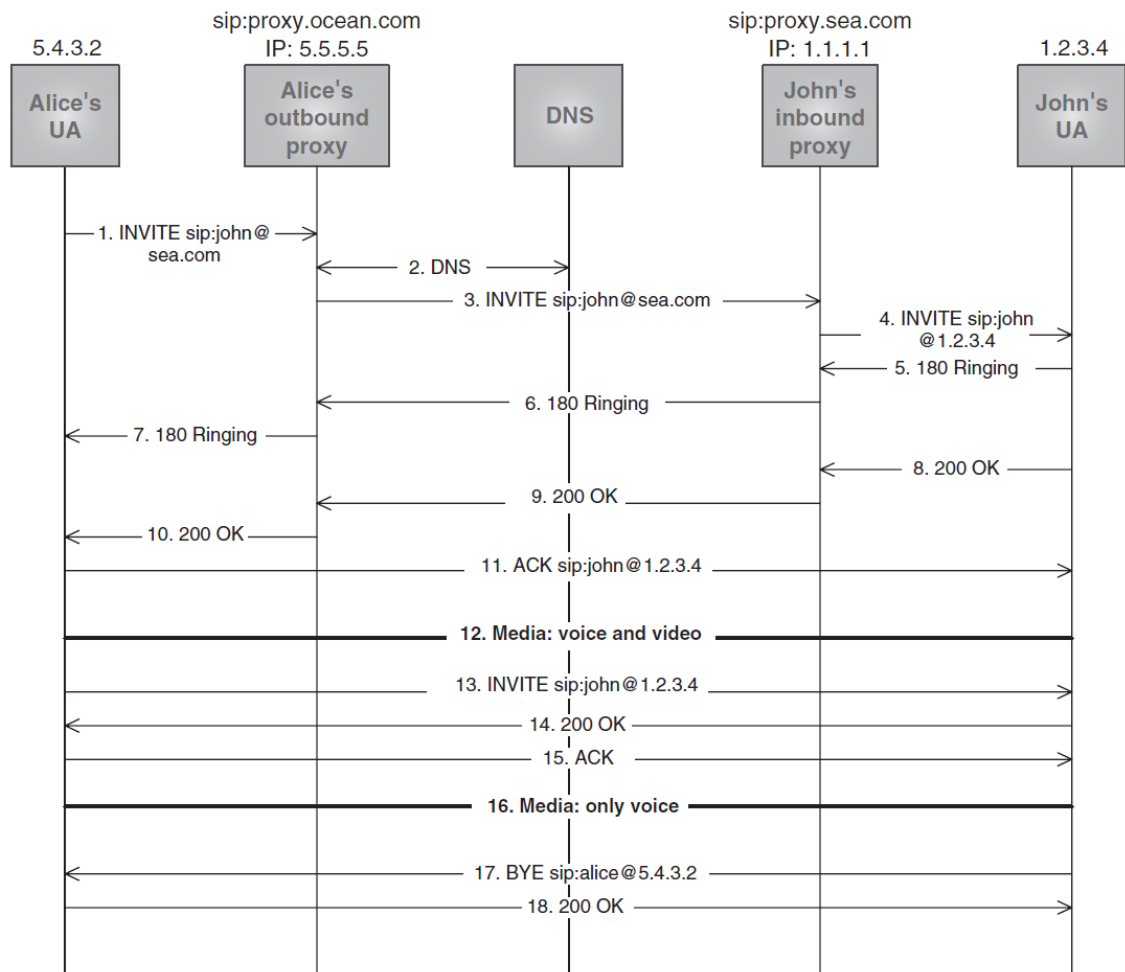
palvelimella, johon käyttäjän päätelaite lähettää SIP:n mukaisen viestin sen hetkisestä sijainnistaan, eli IP-osoitteesta, josta käyttäjä tavoitetaan ja johon paketit tulee lähettää. SIP:n spesifikaatio määrittelee neljän tyyppisiä elementtejä osana arkkitehtuuria, näitä ovat User Agent, Registrar, Proxy sekä Back-to-Back User Agent. User Agent on tavallisesti SIP päätepiste, joka voi vastaanottaa puheluita. Registrar puolestaan on palvelin, joka hyväksyy rekisteröintipyyntöjä User Agenteilta. Proxy palvelin toimii välittäjänä puheluisa eri asiakkaiden välillä, ja sen tehtävänä on välittää SIP-pyyntö lähemmäs kohdetta. Back-to-Back User Agent on looginen kokonaisuus, joka voi toimia SIP-puhelussa User Agent roolissa sekä vastaanottajana että soittajana. Tällainen B2BUA hoitaa signaaloinnin ja reitityksen molempiin päätepisteisiin. (Perea 2008, s. 46–55.)

SIP:n toiminta perustuu SIP-viestien välitykseen, joka toimii kutsu ja vastaus -periaatteella. SIP-kutsu lähtee käyttäjältä (User Agent Client, UAC) palvelimelle (User Agent Server, UAS) ja vastaus tulee palvelimelta käyttäjälle. Toisin kuin esimerkiksi HTTP-protokollassa (Hypertext Transfer Protocol) voi yhteen SIP-kutsuun tulla useita vastauksia. Jokaiselle kutsulle tulee olla vähintään yksi viimeinen vastausviesti. SIP-vastaukset sisältävät erilaisia statuskoodeja, jotka on esitetty alla olevassa taulukossa 2. Statuskoodin ensimmäinen numero kertoo sen tyyppin. (Perea 2008, s. 75.)

Taulukko 2. SIP-vastauskoodit (Perea 2008, s. 76).

Vastauskoodi	Kategoria	Selitys
1xx	Alustava	Pyyntö vastaanotettiin ja sen suoritus aloitetaan
2xx	Onnistuminen	Pyyntö vastaanotettiin, käsiteltiin ja hyväksyttiin onnistuneesti
3xx	Uudelleenohjaus	Vaaditaan lisää toimintaa pyynnön toteuttamiseksi
4xx	Asiakasvirhe	Pyyntö oli epäkelpo tai sitä ei voida toteuttaa palvelimella
5xx	Palvelinvirhe	Palvelin epäonnistui pyynnön toteuttamisessa
6xx	Globaali virhe	Pyyntöä ei voida toteuttaa millään palvelimella

Osa taulukossa 2 esitetyistä vastauskoodeista esitetään alla olevassa kuvassa 2, joka on malliesimerkki, miten SIP-viestejä kulkee puhelun muodostuksessa sekä sen aikana. RFC 3261 määrittää kuusi SIP-kutsun tyyppiä: REGISTER, INVITE, ACK, CANCEL, BYE ja OPTIONS. Myös nämä esiintyvät kuvassa 2. (Perea 2008, s. 75–77.)



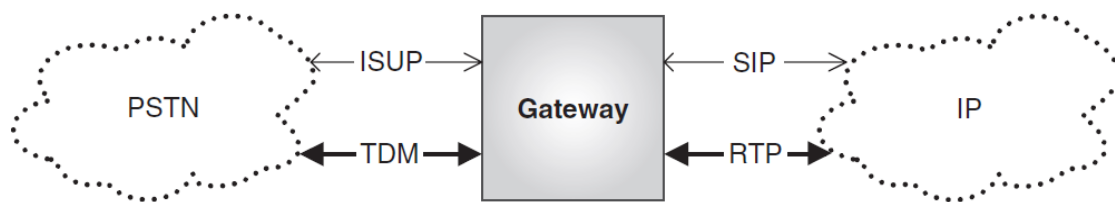
Kuva 2. Esimerkki SIP-puhelun etenemisestä (Perea 2008, s. 105).

REGISTER-tyyppinen kutsu rekisteröi asiakkaan palvelimelle SIP URI:n perusteella. Jos palvelin hyväksyy pyynnön, se palauttaa 200 OK -viestin. Rekisteröinnin jälkeen palvelin tietää, mistä kyseinen asiakas voidaan tavoittaa. INVITE-kutsussa indikoidaan asiakkaan halu luoda sessio palvelimen kanssa. Kysely sisältää halutun kohteen SIP URI:n. Tämä kutsu voi mennä kohteelle suoraan tai palvelimen kautta. Kuvassa 2 INVITE-kutsu kulkee Proxy-palvelimen kautta. INVITE-kutsu sisältää myös tiedot halutuista mediatyypeistä ja koodekeista, joita voidaan käyttää puhelussa. Nämä tiedot ovat esitettyinä SDP:n avulla, joka kertoo mihin soittaja haluaa RTP-paketit vastaanottaa. Kun vastaanottaja vastaa puheluun, lähetetään soittajalle 200 OK SIP-viesti, jonka mukana on SDP-vastaus. Tämä kertoo vastaanottajan hyväksymät mediat ja minne vastaanottaja voi vastaanottaa RTP-paketit soittajalta, eli vastaanottajan IP-osoitteen sekä portin. (Perea 2008, s. 78–79.)

INVITE-kutsu voidaan lähettää session jo ollessa auki, jolloin sitä kutsutaan Re-INVITE-kutsuksi. Tavallisin käyttötapaus tälle kutsulle on se, että halutaan muuttaa session parametreja, esimerkiksi ottaa auki olevaan äänipuheluun myös video käyttöön. ACK-kutsulla indikoidaan puolestaan se, että viimeinen vastaus on saatu ja halutaan kuitata se kutsun lähettäjälle. Esimerkiksi kuvassa 2 vastaanottajan saadessa INVITE-

kutsun, siitä lähtee soittajalle 200 OK -viesti, johon soittaja vastaa lähettämällä vastaanottajalle ACK-viestin, joka kertoo, että soittaja on saanut puhelun vastaanottamisviestin. CANCEL-kutsulla voidaan puolestaan peruuttaa odottava kutsu, esimerkiksi hälyttävä puhelu. BYE-kutsua käytetään session lopettamiseen, kun puhelu halutaan lopettaa. BYE-kutsun lähettäjä saa vastauksena 200 OK -viestin, kuten kuvassa 2. OPTIONS-kutsulla asiakas voi pyytää palvelimelta tietoja sen kyvyistä. Näitä kykyjä ovat esimerkiksi palvelimen tukemat menetöt, sisällön tyypit, mahdolliset SIP-protokollan laajennukset sekä koodekit. (Perea 2008, s. 80–83.)

SIP:n avulla on mahdollista reitittää myös perinteisiä puhelinverkon puheluita. Puhelu voi tällöin olla PSTN-IP, IP-PSTN tai PSTN-IP-siirto-PSTN (Public Switching Telephone Network). Tämä mahdollistaa sen, että normaali puhelinverkon puhelu voidaan vastaanottaa tietokoneella IP-puheluna. Tällaisessa yhteydessä perinteinen puhelinverkon signalointi ja media muutetaan vastaamaan IP-pohjaista ratkaisua ja päinvastoin. Tällaisen PSTN-IP-arkkitehtuurin rakenne on esitetty alla olevassa kuvassa 3. (Perea 2008, s. 395–396.)



Kuva 3. PSTN-IP puhelun rakenne (Perea 2008, s. 396).

Kuten kuvasta 3 nähdään, yhdyskäytävän tehtävänä on muuttaa signalointi sekä media eri verkkojen välillä. Käytännössä yhdyskäytävä tekee sekä muuntamisen että kapseloinnin, sillä se ei voi tietää kumpi tulisi tehdä. Esimerkiksi PSTN-IP-siirto-PSTN puhelussa alkuperäinen data kapseloidaan, jolloin vastaanottava PSTN saa täsmälleen saman signaalin kuin mitä lähettäjältä tulee. Tällöin kaikki PSTN-verkon ominaisuudet toimivat kuten normaalissa PSTN-PSTN-puhelussa. Jos vastaanottava pää onkin IP-verkossa, vastaanottaja voi jättää viestin kapseloidun osan huomioimatta. (Perea 2008, s. 396–397.)

Real-Time Transport Protocol (RTP) on protokolla reaaliaikaisen datan, kuten äänen ja videon siirtoon IP-verkoissa. RTP-protokolla määriteltiin alun perin RFC 1889 -standardissa, mutta vuonna 2003 julkaistiin RFC 3550, joka korvasi aiemman RFC 1889 -standardin. RTP-protokollaan liittyen on julkaistu myös RFC 3551 -standardi, jossa käsitellään konferenssipuheluita. RTP-standardi koostuu kahdesta protokollasta, RTP:sta sekä RTCP:sta (Real-Time Transmission Control Protocol). RTP käyttää tiedonsiirtoon UDP/IP-protokollaa (User Datagram Protocol). RTCP:n tehtävä on huolehtia RTP:n laadusta (QoS, Quality of Service) sekä eri mediavirtojen synkronoinnista. RTP-paketin otsakkeessa kerrotaan muun muassa sisällön tyyppi, joka voi olla esimerkiksi PCM, MPEG1/2 tai H.263-video. (Jain & Durresi 2004, kpl 28.2.)

RTP-protokollaan liittyviä eri RFC-standardeja on julkaistu useita, ja ne määrittelevät erilaisia toimintoja RTP-protokollan hyödyntämiseen. Esimerkiksi RFC 3711 -standardissa määritellään SRTP (Secure Real-time Transport Protocol), joka määrittää RTP-profiilin, jota käyttämällä voidaan salata viestiliikenne sekä taata sen koskemattomuus. Joukko muita RFC-dokumentteja määrittelee erilaisia RTP-protokollan tietosisältöjä, kuten RFC 6184, joka määrittelee miten H.264-koodekilla pakattua videota voidaan kuljettaa RTP:tä käyttäen. H.264-koodekki on vuonna 2003 valmistunut videon pakkausstandardi, jonka päälle on kehitetty H.264/SVC-standardi, joka soveltuu hyvin videon reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon, mitä esimerkiksi videopuhelut ja videokonferenssit voivat hyödyntää. (Schwarz, Marpe & Wiegand 2007.)

4.2.2 SIP- ja RTP-puhelinkirjastot

Kuten edellisessä luvussa kuvataan, ainoa tekninen ratkaisuvaihtoehto on hyödyntää SIP- ja RTP-protokollilla toimivaa videopuhelua. Konseptiratkaisun toteuttamista varten työssä tutkittiin erilaisia SIP-puhelin vaihtoehtoja, joiden avulla on mahdollista integroida puhelintoiminnot sovellukseen. Näitä vaihtoehtoja ovat sekä avoimen lähdekoodin sovellukset että suljetut kaupalliset ratkaisut. Avoimen lähdekoodin projekteista tässä työssä perehdyttiin useaan eri kirjastoon, kuten Peers, PJSIP ja Linphone. Kaupallisista kirjastoista työssä tutkittiin Zoiper VoIP SDK:ta.

Peers on Java-ohjelmointikielellä toteutettu SIP-puhelin, joka tarjoaa hyvän ja yksinkertaisen Java-rajapinnan kirjaston käyttämistä varten. Peers tukee ainoastaan äänimedioita, joten se ei sovellu tässä työssä käytettäväksi. Peers-kirjastoa olisi todennäköisesti mahdollista kehittää tukemaan uusia ja parempia koodekkeja sekä lisätä siihen tuki tarvittaville RFC-dokumenteissa määritellyille SIP-viesteille, jotka koskevat videopuheluita sekä IP-paketteja. (Martineau 2014.) Lisäksi käytännön ratkaisua varten olisi tarpeen toteuttaa tiedonsiirron salaamista varten tuki SRTP-standardille sekä erinäisissä RFC-dokumenteissa määritellyille videoiden tietosisällöille. Tämä olisi ollut niin laaja selvitystyö, ettei sitä ollut mahdollista tehdä tässä työssä.

PJSIP on C-kielellä kirjoitettu avoimen lähdekoodin SIP-puhelin, jonka uusimmassa versiossa on olemassa tuki videopuhelulle. PJSIP on saatavilla muun muassa Windows-, Mac OS X-, Linux-, iOS- ja Android-käyttöjärjestelmille. PJSIP:llä on rajapinta C++-, Java- sekä Python-ohjelmointikielille. PJSIP:lle on saatavilla JNI (Java Native Interface) -rajapinta Javan käyttöä varten, joskin sen kaupallinen käyttö vaatisi erillisen lisenssin ostamista. Tämä PJSIP:n Java-kirjasto ei myöskään tue uudempaa PJSUA 2 -rajapintaa, johon on lisätty videotuki. PJSIP:llä on olemassa myös avoimen lähdekoodin Java-rajapinta, mutta se on tehty muun muassa älypuhelimissa ja tableteissa käytettävälle Android-käyttöjärjestelmälle, minkä vuoksi se ei sovellu ajettavaksi muilla käyttöjärjestelmillä. (PJSIP 2015.)

Liblinphone on järjestelmäriippumaton avoimen lähdekoodin SIP-kirjasto, jonka tarkoituksena on helpottaa videopuhelun integrointia erilaisiin sovelluksiin käyttöjärjestelmästä riippumatta. Liblinphone tarjoaa C-ohjelmointikielelle rajapinnan Linux-, Windows- ja Mac OS X -käyttöjärjestelmiä varten. Lisäksi se tarjoaa Java-rajapinnan, joka tosin on kehitetty vain Android-käyttöjärjestelmälle, joten se ei sovellu normaaliin Java-kehitykseen muille käyttöjärjestelmille. Näiden lisäksi Liblinphone tarjoaa Python-rajapinnan sekä selainpohjaiseen kehitykseen JavaScript-rajapinnan. (Linphone 2015.)

Kaupallisista vaihtoehtoista tutustuttiin Securax EOOD -yrityksen kehittämään Zoiper VoIP SDK -kirjastoon, joka on saatavilla Windows-, Mac OS X-, Linux-, iOS- ja Android-käyttöjärjestelmille. Zoiper VoIP SDK tarjoaa tuen videolle käyttämällä useita koodekkeja, kuten H.263+:aa ja H.264:ää. Lisäksi Zoiperin VoIP SDK tukee lukuisia SIP-protokollaan ja RTP-protokollaan liittyviä standardeja, sekä SRTP-standardia, jonka avulla voidaan huolehtia liikenteen ja viestinnän salauksesta. (Zoiper 2015a.) Zoiper VoIP SDK:n kanssa voidaan käyttää useita eri ohjelmointikieliä. Se tarjoaa esimerkiksi rajapinnan Javaa varten Windows-käyttöjärjestelmään. Zoiperin VoIP SDK:n Java-tuki hyödyntää Javan JNI-rajapintaa (Zoiper 2015b).

4.2.3 Skype ja Lync

Nykyään Microsoftin omistama Skype käytti alun perin puhtaasti vertaisverkkopohjaisista yhteysmallista ja omaa suljettua protokollaa, josta ei juurikaan ole tietoja saatavilla. Skypen verkossa asiakaspäätteet voivat toimia tietyissä tilanteissa verkon solmukohtina, jotka välittävät muiden liikennettä. Skype käyttää TCP-protokollaa signaalointiin ja suurta valikoimaa erilaisia koodekkeja äänen ja videon pakkaamisessa. (Baset & Schulzrinne 2006.) Sen jälkeen kun Microsoftin osti Skypen, on järjestelmään lisätty Microsoftin datakeskuksissa toimivia palvelimia, jotka ovat niin sanottuja ”supersolmuja”, joiden tehtävänä on helpottaa Skypen käyttäjien toistensa löytämistä verkossa. Microsoftin tiedotteen mukaan edelleenkin puhelut eivät kulje Microsoftin palvelinkeskusten välityksellä. (Goodin 2012.) Skype on saatavilla kaikille yleisimmin käytössä oleville alustoille sekä päätelaitteille.

Microsoftin yrityskäyttöön suunnattu Lync-sovellus käyttää SIP-protokollaa signaalointiin ja toimii SIP-protokollan mukaisella asiakas-palvelin-mallilla. Microsoftin Lync ja Lync Server käyttävät useita erilaisia SIP-laajennuksia, joiden avulla voidaan toteuttaa toimintoja, joita perus SIP-standardi ei tue. Näitä laajennuksia käytetään esimerkiksi käyttäjien läsnäolon seurantaan ja tarkkailuun. Lyncin käyttämä protokolla ja sen lisäosat on kuvattu tarkasti Microsoftin tarjoamassa dokumentaatiossa. (Microsoft 2015.) Aikaisempi yrityskäyttöön suunnattu Lync-viestinsovellus on lanseerattu uudestaan nimellä Skype for Business. Tämä päivitys tuo Lyncin käyttöliittymän Skypen kaltaiseksi. Jo aikaisemmin on mahdollistettu ristiin soittaminen Lyncin ja Skypen välillä. (Skype for Business Team 2015.)

Skype tarjoaa Skype Connect -palvelua, jolla Skype voidaan yhdistää omaan puhelin-vaihdejärjestelmään. Tämä mahdollistaa soittamisen Skypeä käyttämällä suoraan esimerkiksi yrityksen numeroihin tai yrityksen puhelinjärjestelmästä soittamisen Skype-tunnuksiin. Esimerkiksi tiettyyn Skype-tunnukseen tulevat puhelut voidaan ohjata yrityksen omaan vaihteeseen ilman, että vastaanottajalla täytyy olla Skype käytössä. Skype Connect käyttää SIP-protokollaa, jolloin se on mahdollista integroida suureen valikoimaan eri toimittajien laitteita. (Skype 2015.)

4.2.4 Muut videopuhelutekniikat ja -sovellukset

SIP-protokollaan pohjautuvien ratkaisujen lisäksi toinen yleisesti käytetty protokolla pikaviestintään sekä VoIP-sovellusten signalointiin on XMPP (Extensible Messaging and Presence Protocol), joka on laajennettavissa oleva XML-pohjainen avoin viestintä-protokolla. XMPP hyödyntää hajautettua asiakas-palvelin-yhteysmallia (Saint-Andre, Smith & Troncon 2009, s. 3–17.) XMPP-protokollaa hyödyntävät sovellukset käyttävät multimedian siirtämiseen SIP-protokollan tapaan RTP-protokollaa. Tätä XMPP-protokollaa sekä RTP-protokollaa hyödyntävää kokonaisuutta kutsutaan Jingle-protokollaksi. Alun perin Jingle-protokolla kehitettiin Googlen toimesta Google Talk -sovellusta varten, mutta myöhemmin XMPP Standards Foundation standardisoi Jinglen, joka erosi hieman alkuperäisestä Google Talkin käyttämästä versiosta. Jinglen mallissa session aloittaja tarjoaa vastaanottajalle kaksi asiaa, jotka ovat viestinnän sisältö, esimerkiksi äänipuhelu RTP-protokollalla sekä tiedonsiirtotapa, joka voi olla muun muassa UDP-protokolla. (Saint-Andre, Smith & Troncon 2009, s. 123–124.)

XMPP:tä käyttävässä verkossa ei ole SIP:n tapaan käytössä URI-skeemaa noudattavaa nimeämistapaa eri käyttäjille. Siihen on myöhemmin kehitetty XMPP URI -skeema, joka on määritelty RFC 5122:ssa. Tämän XMPP URI:n avulla eri osoitteet voidaan nimetä kuten muutkin URI:t, esimerkiksi xmpp:tuomo.ala-vannesluoma@insta.fi. (Saint-Andre, Smith & Troncon 2009, s. 16–17.)

Pohjimmiltaan XMPP on tapa siirtää XML-pohjaista tietoa yhtenä virtana. Kun asiakas avaa yhteyden XMPP-palvelimelle, luodaan pitkäikäinen TCP-yhteys, jonka avulla muodostetaan kaksi XML-virtaa vastakkaisiin suuntiin. Asiakkaan ja palvelimen välisessä kommunikaatiossa virtoja pitkin lähetetään lyhyitä XML-palasia (engl. XML stanza). Tällainen yhteysmalli, jossa avataan TCP-yhteys, jota käytetään siirtämään asynkronisesti rajaton määrä XML-palasia, eroaa suuresti normaalista web-teknologioiden tiedonsiirtomallista. Useat web-teknologiat avaavat TCP-yhteyden, minkä jälkeen suoritetaan transaktio ja yhteys suljetaan. Esimerkki tällaisesta web-teknologiasta on HTTP, johon on kuitenkin myöhemmin kehitetty mekanismi, jolla yksi yhteys voidaan pitää auki pidempään useampaa transaktiota varten. Tällaiset transaktiopohjaiset yhteydet eivät sovellu reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon, sillä niissä ei ole avointa yhteyttä, jota pitkin palvelin voi tarvittaessa syöttää tietoa asiakkaalle. (Saint-Andre, Smith & Troncon 2009, s. 16–18.)

XMPP:n XML-palanen voi olla yksi kolmen tyyppisestä elementistä: message, presence tai iq. Jokainen näistä reititetään palvelimilla eri tavoin ja asiakkaat käsittelevät viestit eri tavoin. Elementeillä on type-attribuutti, joka edelleen määrää, miten vastaanottaja prosessoi viestin. Elementeillä on alemman tason elementtejä, jotka muodostavat XML-palasen tietosisällön. Näillä erityyppisillä viesteillä voidaan antaa tietoa vastaanottajalle tai kertoa asiakkaan läsnäolosta sekä tehdä kyselyitä kysymys-vastaus-periaatteella. (Saint-Andre, Smith & Troncon 2009, s. 17–22.)

Näitä standardeja käyttäviä videopuhelusovelluksia on yleisessä käytössä Skypen lisäksi monia muitakin, esimerkiksi Applen FaceTime, Googlen Hangouts, Yahoos Yahoo! Messenger sekä Ciscon Jabber. Nämä sovellukset ovat käytännössä eri laitteilla toimivia pikaviestisovelluksia, joihin on lisätty toimintoja ääni- sekä videopuheluille. Kaikista näistä sovelluksista ei ole saatavilla tarkkoja teknisiä kuvauksia.

FaceTime on Applen kehittämä videopuheluratkaisu, joka toimii vain Applen omien tuotteiden kanssa. FaceTime hyödyntää taustalla muun muassa SIP- ja RTP-protokollaa sekä joukkoa monia muita protokollia videon ja äänen pakkaamiseen ja viestinnän salaamiseen sekä osoitteenmuunnostekniikoiden kanssa toimimiseen. (Dilger 2010.)

Googlen kehittämässä Hangouts-pikaviestisovelluksessa on mahdollisuus käyttää videopuheluita. Hangouts on saatavilla usealle eri käyttöjärjestelmälle sekä erilaisille päätelaitteille. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi Googlen Chrome -selaimessa, jonka saa niin Windows- kuin Mac OS X -käyttöjärjestelmiin. Lisäksi sovelluksesta on saatavilla versio iOS- ja Android-käyttöjärjestelmiä käyttäville mobiililaitteille. Hangouts tarjoaa tuen jopa kymmenen hengen videokonferenssille. (Google 2015.)

Muita yleisesti käytössä olevia videopuhelusovelluksia ovat muun muassa Yahoos kehittämä Yahoo! Messenger sekä Ciscon kehittämä Jabber. Nämä sovellukset ovat saataville monille eri laitteille ja alustoille, mutta sovellukset eivät ole integroitavissa muihin sovelluksiin, kuten eivät myöskään Googlen Hangouts tai Applen FaceTime. Tästä syystä nämä ratkaisut eivät sovellu tässä työssä toteutettavaan konseptiratkaisuun.

Electronic Frontier Foundation on tietoyhteiskunnan kansalaisten oikeuksia puolustava järjestö, jonka mukaan monissa eri sovelluksissa on puutteita tietoturvassa (Electronic Frontier Foundationin 2015). Tietoturvaa arvioitaessa esimerkiksi Yahoo! Messenger ja Microsoftin Skype saavat vain yhden pisteen seitsemästä ja Googlen Hangouts saa kaksi pistettä. Näistä poiketen Applen FaceTime saa viisi pistettä seitsemästä. Tämän pohjalta voidaan päätellä, että hälytystoimintaa ajatellen suljettujen ratkaisujen tietoturva ei ole riittävällä tasolla tai sovellusten tietoturvan hoitamisesta ei tarjota tietoa tarpeeksi. Järjestön selvityksessä mainitaan, että osalle sovelluksista on tehty koodin auditointi.

4.3 Eri tekniikoiden arviointi

Aiemmin esitellyistä tekniikoista ainoastaan SIP- ja RTP-protokollien päälle rakennetut SIP-puhelinratkaisut voivat täyttää erityisesti toiminnalliset vaatimukset mutta myös muut edellä esitetyt vaatimukset. Kyseisten protokollien päälle rakennettu ratkaisu voidaan integroida erilaisiin sovelluksiin ilman kolmansien osapuolien järjestelmien komponentteja. Skype, Lync ja FaceTime sekä muut videopuhelusovellukset puolestaan käyttävät kaikki omia sovelluksiaan, eikä niitä ole mahdollista integroida osaksi muita sovelluksia. Integroitavuus on yksi tärkeimpiä vaatimuksia ratkaisulle, sillä hälytystoimintaa kehitettäessä on ensiarvoista, ettei keskuksessa olevan operaattorin tarvitse käyttää useita eri sovelluksia tai laitteita, mikä maksimoi työn sujuvuuden. Poikkeuksena integroitavuudessa on Skype, joka tarjoaa palvelua, jolla Skype-puhelu voidaan ohjata käyttäjän omaan palvelimeen SIP- ja RTP-liikenteenä, mikä puolestaan vaatii joka tapauksessa SIP- ja RTP-protokolliin pohjautuvaa ratkaisua. Tämäkään ratkaisu ei suoraanaisesti integroi Skypeä osaksi sovellusta, vaan Skype toimii silloin välityspalvelimena liikenteelle.

Skypen, FaceTimen ja muiden valmiiden sovellusten tietoturva ei ole riittävän korkeatasoinen. Hälytyskeskuskäytössä sovelluksen tulee pystyä toimimaan erillään julkisesta Internet-verkosta. Kaikki mainittujen kolmansien osapuolien sovelluksista toimivat Internetin välityksellä ja hyödyntävät niiden valmistamien yritysten palvelimia erinäisiin toimintoihin, kuten autentikointiin sekä liikenteen ohjaamiseen, mikä ei ole tässä tapauksessa mahdollista.

Suljetuissa ratkaisuissa ei ole mahdollista tallentaa mediaa, jolloin ei pystytä jälkikäteen kuuntelemaan nauhoitusta tai katsomaan videoita, jos halutaan tutkia, miten ilmoituksen käsittely on edennyt ja mitä sen aikana tapahtui. SIP- ja RTP-protokollien päälle rakennettu ratkaisu puolestaan voidaan toteuttaa siten, että media tallennetaan vastaanottavassa päässä tai puhelinvaihteessa ennen operaattoria. Tallennettavuus on tärkeä vaatimus hälytystoiminnassa, sillä on ensiarvoisen tärkeää päivystäjän oikeusturvan sekä esimerkiksi toiminnan kehittämisen kannalta, että tapahtumia voidaan käydä läpi jälkikäteen. Koska videopuhelun käyttötapaukset ja muut prosessit, joilla toimintaa toteutetaan, on hyvin vaikea ennakoida tarkasti, on tallennettavuus erityisen tärkeää, jotta videopuhelun käytön toimintamalleja voidaan kehittää käyttöönoton jälkeen. Lisäksi operaattoreiden toimintaa voidaan joutua tutkimaan jälkikäteen, jolloin tallenteet ovat analyysissä merkittävässä roolissa.

Ei ole saatavilla tarkkaa tietoa siitä, mitä tietoja sovellusten käyttäjistä kerätään suljetuissa ratkaisuissa. Lisäksi niiden tietoturvasta ei ole juurikaan julkista virallista tietoa. Tähän asiaan on muun muassa Electronic Frontier Foundation kiinnittänyt huomiota, ja suurin osa suljetuista ratkaisuista sai huomattavan huonot pisteet järjestön tekemässä vertailussa. Yleisessä SIP- ja RTP-pohjaisessa ratkaisussa voidaan vaikuttaa siihen, miten liikenne reititetään, ja puhelut voidaan reitittää mihin tahansa myös sisäverkossa,

jolloin järjestelmiä ei tarvitse välttämättä kytkeä Internetiin. Puhelut voidaan tuoda verkon sisään sopivien palomuurien läpi. Lisäksi suljettujen ratkaisujen vikasietoisuudesta ei ole takeita, sillä niiden toiminta riippuu palveluntarjoajan palveluiden toiminnasta. Skypessä on ollut jopa maailmanlaajuisia katkoksia, joita ei hälytystoiminnassa voida hyväksyä.

Valmiiden videopuhelusovellusten käytettävyys on hyvä, mutta niitä ei kuitenkaan kyetä integroimaan toisiin sovelluksiin. Tämä laskee tällaisen ratkaisun käytettävyyttä, sillä operaattori joutuisi käyttämään samanaikaisesti eri sovelluksia. Lisäksi informaation kulku näiden sovellusten välillä ei olisi mahdollista, jolloin ei saataisi yhteen järjestelmään kokonaisvaltaista kuvaa puheluista ja muista ilmoituksista. Sen sijaan SIP- ja RTP-teknikoita käyttävä ratkaisu voidaan puolestaan integroida osaksi järjestelmää, jolloin tieto saapuvista ilmoituksista saadaan heti järjestelmään. Valmiit sovellukset eivät tarjoa juurikaan videon laadun konfigurointimahdollisuuksia, vaan ne päättävät automaattisesti verkon ja muiden parametrien perusteella millaista videota kulloinkin käyttävät.

Luotettavuudeltaan valmiisiin videopuhelusovelluksiin on suhtauduttava kriittisesti, sillä vaikka ne usein toimivatkin hyvin ympäri vuorokauden, saattaa niissä välillä esiintyä yllättäviä katkoksia, joihin ei juurikaan tarjota selityksiä. Esimerkiksi Skype on kärsinyt ongelmista, joita ei juurikaan ole selitetty julkisesti. Valmiissa ratkaisuissa on todennäköisesti paljon erilaisia varmennusmekanismeja, joilla niiden saatavuutta parannetaan. Toisaalta on huomattava, että järjestelmät on suunniteltu globaaleiksi, mutta hälytystoimintaa ajatellen esimerkiksi Suomessa ei olisi välttämätöntä, että ratkaisu toimii maailmanlaajuisesti yhtä hyvin, vaan saatavuus olisi tärkeintä taata ensisijaisesti Suomen alueella.

Suorituskyvyssä valmiit sovellukset tarjoavat varmasti hyvän ratkaisun, sillä niiden kehitykseen on käytetty paljon resursseja ja ne ovat olleet markkinoilla jo pidemmän aikaa. Näiden sovellusten takana on isoja yrityksiä, joille on kertynyt paljon kokemusta niiden toiminnasta. On myös olemassa SIP- ja RTP-protokollaa käyttäviä ja suorituskyvyltään riittävän tehokkaita ratkaisuja, jotka on mahdollista integroida osaksi muita sovelluksia ilman riippuvuutta muiden palveluntarjoajien palveluista.

Valmiiden sovellusten ylläpidettävyys on pitkälti niiden valmistajien varassa, eikä siihen juurikaan voida vaikuttaa. Yritykset kehittävät sovelluksia markkinoiden mukaan haluttuun suuntaan ja ne ottavat uusia teknologioita käyttöön suorittamiensa analyysien perusteella. Koska nämä sovellukset toimivat laajasti eri laitteilla ja alustoilla, ei joidenkin teknologioiden käyttöönotto suju yhtä nopeasti kuin SIP- ja RTP-pohjaisessa sovelluksessa voisi olla mahdollista. Testattavuudessa eri videopuhelusovelluksissa ei ole juurikaan eroa, mutta SIP- ja RTP-pohjaisessa ratkaisussa järjestelmää on mahdollista kuormittaa erilaisilla testiohjelmistoilla, jotka generoivat SIP-puheluista ja verkkoliikennettä. Kaikille eri sovelluksille on saatavilla teknistä tukea, joten sen suhteen ei luulta-

vasti tulisi ongelmia. SIP- ja RTP-pohjaisessa ratkaisussa tuen saaminen voi puolestaan olla ongelma ainakin avoimen lähdekoodin ratkaisuissa, joihin on tästä syystä suhtauduttava varauksella. Avoimen lähdekoodin tekniikoita hyödynnettäessä on olemassa riski, että sovelluksessa mahdollisesti olevien virheiden jäljittäminen ja korjaaminen jäisi omalle vastuulle. SIP- ja RTP-pohjaisessa ratkaisussa voidaan käyttää kaupallisia sovellusten kehityspaketteja, joihin niitä kehittävilä yrityksiltä voidaan saada tukea kehityksessä ja ongelmatilanteissa.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että hälytystoiminnan aiheuttamat vaatimukset videopuheluratkaisulle sulkevat pois kaikki valmiit sovellusratkaisut, jolloin jäljelle jäävät SIP- ja RTP-protokolliin perustuvat SIP-puhelinratkaisut. Niitä käyttämällä voidaan pysyä riippumattomana yhden palveluntarjoajan palveluista, ja sovellusta voidaan kehittää paremmin haluttuun suuntaan tukemaan omia käyttötapauksia ja muita vaatimuksia. Toisaalta SIP-pohjainen ratkaisu vaatii enemmän infrastruktuuria järjestelmältä, kuten puhelinvaihdelaiteistoa, jolla SIP-liikennettä voidaan ohjata ja reitittää. Toisaalta valmiiden ratkaisujen etuna olisivat valmiit sovellukset useille eri laitteille, mutta hälytystoiminnan käytössä tarvitaan enemmän hälytyskäyttöön räätälöityjä sovelluksia, jotka voivat itse videopuhelun rinnalla tarjota myös muuta informaatiota, kuten tietoa ilmoittajasta sekä ilmoittajan sijainnista. Valmiin sovelluksen ongelma olisi myös se, että ilmoittajan tulisi hätätilanteessa tietää mihin soittaa sen sijaan, että ilmoitussovelluksessa tulisi vain painaa soita-nappia.

5. KONSEPTIRATKAISUN TOTEUTUS

Tässä luvussa käsitellään työssä toteutettua videopuheluintegraatiota työpöytäsovellukseen. Luvussa kuvataan konseptiratkaisun toteutuksen lähtökohdat ja itse toteutus sekä esitellään eri komponentit, joita hyödynnettiin toteutuksen testaamisessa. Konseptiratkaisun tarkoituksena on selvittää, miten videopuhelu voidaan tuoda osaksi hälytyskeskuksen operaattorin käyttämää työpöytäsovellusta, jolla operaattorit käsittelevät eri ilmoituskanavia pitkin tulevat hälytysilmoitukset sekä keskustelevat kentällä olevien yksiköiden kanssa.

Konseptiratkaisussa toteutettuun videopuhelimen integraatioon on rakennettu perustoiminnallisuudet. Perustoiminnallisuuksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä normaaleja puhelintoimintoja, eli puhelun soittamista, puheluun vastaamista sekä puhelun lopettamista. Muut toiminnallisuudet on rajattu tämän toteutuksen ulkopuolelle ja niitä käsitellään jatkokehitystä koskevassa luvussa.

Ensimmäisessä aliluvussa käydään läpi eri konseptiratkaisun osat sekä esitellään komponentit ja työkalut, joiden avulla konseptiratkaisu toteutetaan. Toisessa aliluvussa käydään läpi itse konseptiratkaisun toteutus. Kolmas aliluku käsittelee konseptiratkaisuun toteutettuja toiminnallisuuksia. Tämän jälkeen seuraavat aliluvut käsittelevät toteutetun konseptiratkaisun testausta, suorituskykyä ja luotettavuutta sekä tietoturvaa.

5.1 Toteutuksen lähtökohdat

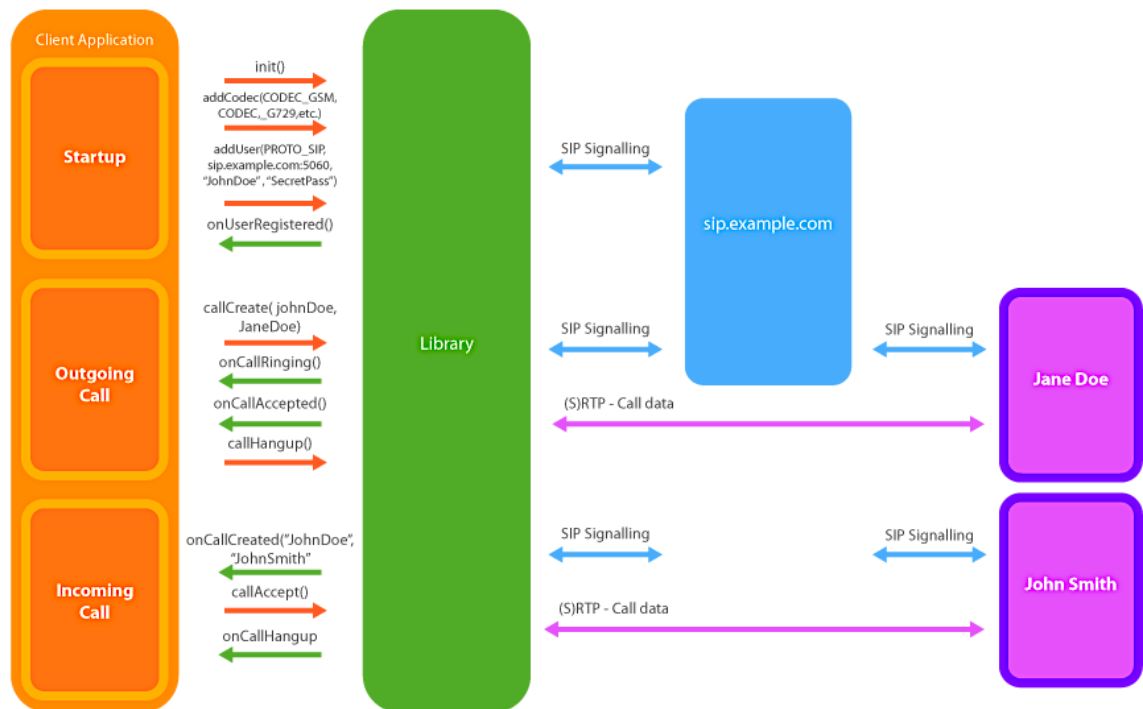
Konseptiratkaisun toteuttamista varten tarvitaan IP-pohjainen puhelinvaihe, johon voidaan soittaa SIP-puheluita ja joka tukee videon välitystä. Tässä työssä puhelinvaihteeksi konseptiratkaisun toteutuksen testaamista varten valittiin entuudestaan tuttu avoimen lähdekoodin Asterisk, jonka uusimmat versiot tukevat videopuheluita ja useita eri videoformaatteja (Digium 2015). Asteriskiin voidaan tuoda 3G-videopuhelu, mutta se vaatii kolmannen osapuolen kehittämiä lisäosia tai muuta laitteistoa, jolla video muunnettaisiin SIP- ja RTP-liikenteeksi. Nämä kolmannen osapuolen lisäosat ja laitteistot eivät ole tarpeeksi luotettavia videon suhteen, joten niiden hankinnasta luovuttiin. Lisäksi niiden hankintakustannukset olisivat olleet suuret, eivätkä ne toisi suurta lisäarvoa verrattuna siihen, että videopuhelu soitetaan esimerkiksi toiselta tietokoneelta tai matkapuhelimesta SIP-puhelusovelluksella. Huomattavaa on myös, että nykyisistä älypuhelimista hyvin harva tukee videopuhelun soittamista matkapuhelinverkkoa käyttäen, joten sen hyödyllisyys ei olisi kovin suuri. Mahdolliset käyttötapaukset, joissa ilmoittaja voisi soittaa videopuhelun hälytyskeskukseen, toteutetaan erillisillä päätelaitesovelluksilla, jotka toimivat suoraan Internet-puhelimenä. Videopuhelun laatu matkapuhelin-

verkkoa käytettäessä on melko huono, minkä vuoksi 3G-videopuhelun käyttö rajattiin pois tästä toteutuksesta.

Ratkaisun toteutuskieleksi valittiin Java SE 8, jolla Insta Response -tuoteperheen tuotteita kehitetään. Insta Response CC -sovellusta ajetaan tavanomaisesti Windows-ympäristössä, joten konseptiratkaisu kehitetään myös Windows-ympäristöön. Konseptiratkaisun toteutuksen alussa ensimmäinen työ oli selvittää, miten SIP- ja RTP-protokollaa hyödyntämällä puhelintoiminnot voidaan integroida työpöytäsovellukseen. Eri SIP-puhelinkirjastoihin tutustumisen perusteella työssä päätettiin käyttää kaupallista Zoiper VoIP SDK:ta. Kehitystyökaluna konseptiratkaisun tekemisessä käytettiin avoimen lähdekoodin Eclipse-ohjelmointiympäristöä, jota käytetään myös Insta Response -tuoteperheen tuotteiden kehityksessä. Kehitysympäristö tukee useita lisäosia, kuten Maven-koontityökalua, jonka avulla eri projektien riippuvuuksia muista komponenteista sekä projektien välisiä riippuvuuksia on helppo hallita. Sovelluksen lähdekoodin hallintaa ja versiointia varten työssä hyödynnettiin Mercurialia, joka on ilmainen, alustariippumaton ja hajautettu versionhallintajärjestelmä (Mercurial 2015).

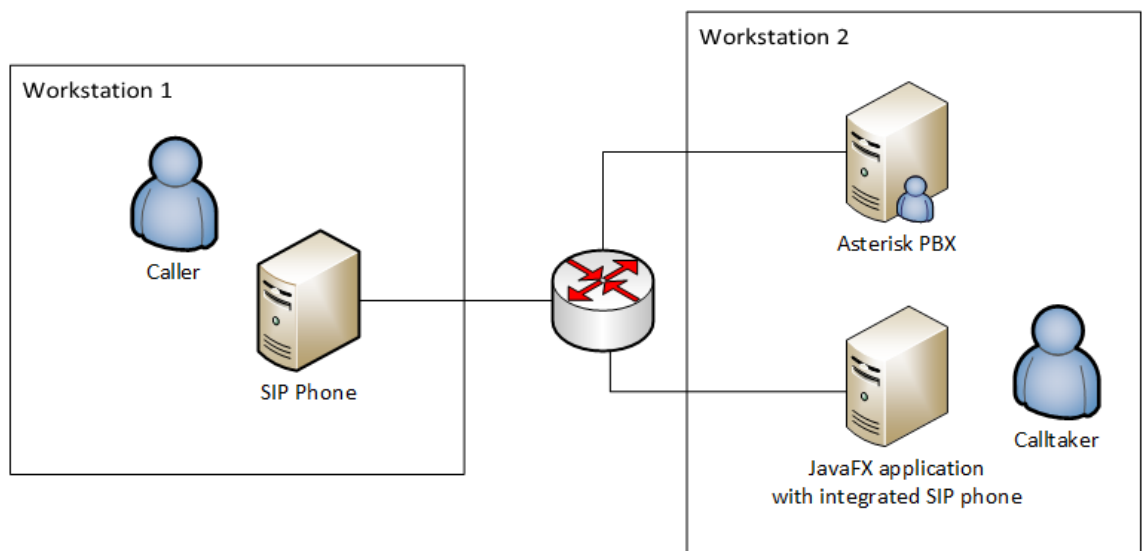
5.2 Ratkaisun tekninen kuvaus

Videopuheluun käytetään SIP- ja RTP-protokollaa, mikä mahdollistaa erilaisten integraatioiden ja normaalin 3G-videopuhelun yhdistämisen helposti järjestelmään. Erilaisten SIP-puhelimien ominaisuuksien selvitysten perusteella tässä konseptiratkaisussa päädyttiin käyttämään kaupallista Zoiper VoIP SDK:ta, sillä siinä on valmiiksi laaja tuki erilaisille koodekeille, ja sille on saatavilla kaupallista tukea. Lisäksi se on mahdollista integroida Java-sovellukseen Windows-käyttöjärjestelmän ympäristössä (Zoiper 2015a; Zoiper 2015b). Zoiper VoIP SDK:n toimintaperiaate on esitetty alla olevassa kuvassa 4.



Kuva 4. Zoiper VoIP SDK:n toimintaperiaate esitettynä (Zoiper 2015a).

Kuvasta 4 nähdään, miten Zoiper VoIP SDK huolehtii SIP-liikenteen sekä RTP-liikenteen välityksestä. Sovellusintegraation tehtäväksi jää ohjata kirjaston tarjoaman rajapinnan avulla puhelimen toimintaa, sekä reagoida kirjastolta vastaanotettuihin tapahtumiin, kuten käyttäjän rekisteröitymisen onnistumiseen tai puhelun katkeamiseen. Työssä toteutettua konseptiratkaisua testattiin kahden työaseman konfiguraatiossa, joka on esitetty alla olevassa kuvassa 5.

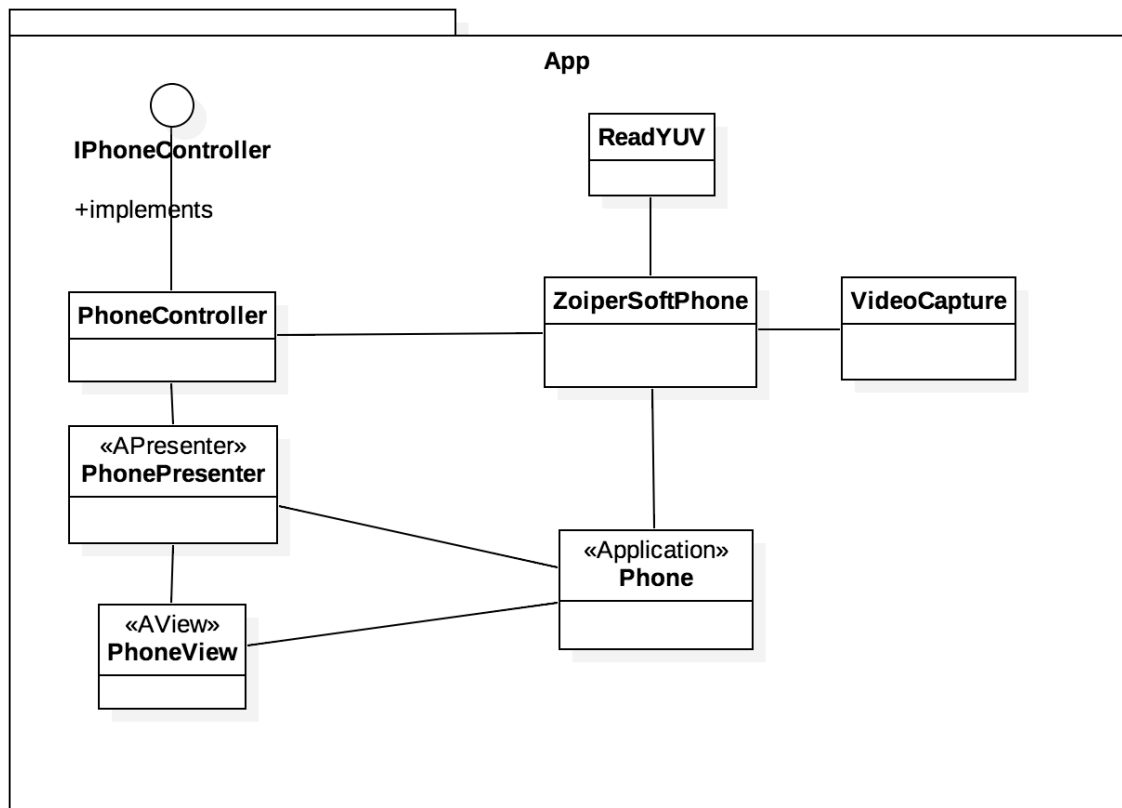


Kuva 5. Konseptiratkaisun testauskonfiguraatio

Kuva 5 esittää konseptiratkaisun testausta varten laaditun kokoonpanon, jossa toisella työasemalla on asennettu tavallinen SIP-asiakassovellus ja toisella työasemalla on sekä

toteutettu konseptiratkaisu sekä Asterisk-puhelinvaihte. Tähän IP-puhelinvaihteeseen konfiguroidaan tarpeelliset käyttäjät sekä asetetaan käyttöön videotuki. Asterisk-palvelua on mahdollista ajaa Linux-pohjaisilla käyttöjärjestelmillä ja tässä työssä tehtyä kehitystyötä sekä testausta varten Asterisk asennettiin virtuaaliseen Linux-koneeseen, jota ajettiin toisella työasemalla kuten kuvassa 5 on esitetetään. Virtuaalikoneella on oma IP-osoite samassa verkossa, jossa työasemat ovat. Asterisk voi toimia käytännössä millä tahansa koneella, kunhan Asterisk-palvelin ja työpöytäsovellusta ajava tietokone pystyvät muodostamaan yhteyden verkon ylitse ja palomuurit on konfiguroitu päästämään SIP- ja RTP-liikenne läpi. Eli kokoonpanossa oleva Asterisk-palvelin näkyy molemmille työasemien sovelluksille kuin mikä tahansa muukin palvelin samassa verkossa.

Konseptiratkaisu muodostuu kahdesta eri komponentista, joista toinen sisältää logiikan, jonka avulla Zoiperin VoIP SDK:n natiivia rajapintaa käytetään ja toinen komponentti muodostaa konseptiratkaisussa kehitetyn sovelluksen. Komponenttien hallinnan helpottamiseksi käytetään Apachen Maven-koontityökalua, jonka avulla sovelluskomponentti on konfiguroitu riippumaan rajapintakomponentista. Toteutetun sovelluskomponentin luokkakaavio on esitetty oheisessa kuvassa 6. Kuva havainnollistaa konseptiratkaisun hyödyntämää arkkitehtuurista mallia, jossa käyttöliittymä on suunniteltu siten, että näkymä on erotettu omaksi luokakseen ja käsittelijä omaksi luokakseen. Sovelluksen käyttöliittymä on tehty JavaFX-kirjastolla, jota myöskin Insta Response CC -sovelluksessa käytetään. Tässä työssä toteutettu käyttöliittymä on pelkistetty, koska tarkoituksena oli kehittää konseptiratkaisu, jolla voidaan testata SIP-puhelimen integraatiota videon kanssa eikä kehittää valmista tuotetta. Tuotteeseen integroitaessa käyttöliittymänä toimii nykyisen tuotteen käyttöliittymä. Sovelluksen käyttöliittymän kuva on esitetty liitteessä A.



Kuva 6. Sovelluksen yksinkertaistettu luokkakaavio

Kuten kuvasta 6 nähdään, konseptiratkaisussa on yksi luokka, joka hoitaa kommunikoinnin Zoiperin VoIP SDK:n rajapinnan kanssa. Sovelluksen pääluokka *Phone* hoitaa eri luokkien instanssien luomisen sekä SIP-puhelimen alustamisen. Zoiper VoIP SDK:n Java-rajapintaa käytetään siten, että sovellus kysyy rajapinnalta tasaisin väliajoin tapahtumia, jolloin rajapinnasta kutsutaan metodeita, jotka kuvastavat edellisen kysymyksen jälkeen tulleet tapahtumat kronologisessa järjestyksessä. Näitä tapahtumia kysytään konseptiratkaisussa 100 millisekunnin välein sekä tätä tapahtumien käsittelyä varten on sovelluksessa oma säie, jossa kysely suoritetaan ajastetusti. Zoiper VoIP SDK:n rajapintaa käytettäessä lähetettävä video toimii siten, että rajapinnan kautta annetaan natiiville ohjelmakoodille yksi kuva kerrallaan. Natiivi ohjelmakoodi huolehtii tämän jälkeen kuvan oikeanlaisesta käsittelystä ja välittää sen RTP-protokollaa käyttäen vastaanottajalle. Vastaanotettava video toimii samankaltaisesti, jolloin Zoiperin kirjaston natiivi ohjelmakoodi purkaa saapuvan videon ja välittää sitä eteenpäin rajapintaa pitkin yksi kuva kerrallaan.

Tässä sovelluksessa videon näyttäminen on tehty hyvin yksinkertaisesti käyttämällä *ImageView*-käyttöliittymäkomponenttia, joka näyttää nimensä mukaisesti yhtä kuvaa. Tätä kuvaa päivitetään rajapinnasta saatujen kuvien perusteella, jolloin käyttäjän näkökulmasta katsotaan videota. Rajapinnasta saatu kuva on YUV420-formaatissa, jonka RGB-muotoon muuttamista varten tehtiin oma luokkansa, joka on kuvassa 6 näkyvä

ReadyYUV-luokka. Tämä kuvien prosessointi suoritetaan omassa säikeessä, jolloin sen aiheuttama kuormitus ei vaikuta muuhun sovellukseen.

Videon kaappaamista varten sovelluksessa käytetään Bartosz Firynin kehittämää Webcam Capture API:a, joka on saatavilla avoimena lähdekoodina GitHub-palvelussa. Tämän kirjaston avulla web-kameran kuva voidaan helposti kaapata, jonka jälkeen se voidaan sopivan muunnoksen jälkeen antaa eteenpäin Zoiper VoIP SDK:n rajapintaa pitkin natiiville ohjelmakoodille. Sovelluksessa videon kaappaukseen liittyvä logiikka on kuvassa 6 näkyvän *VideoCapture*-luokan sisällä. Huomattavaa on, että videon kaappaus suoritetaan omassa säikeessä, jolloin sen suoritus ja prosessoinnin aiheuttama kuormitus ei aiheuta vaikutusta muulle ohjelmakoodille tai käyttöliittymälle. Tälle luokalle annetaan rakentajassa halutut parametrit kuten resoluutio sekä kuvataajuus. Luokalle annetaan web-kameran kaappaamisen aloituksessa *ICapturedFrameListener*-rajapinnan toteuttava luokka, jonka kautta kaapattu kuva toimitetaan eteenpäin sitä käyttävälle luokalle. Tässä tapauksessa, kun video kytketään päälle, *ZoiperSoftPhone*-luokassa luodaan kuuntelija kaapatuille kuville, jotka välitetään eteenpäin Zoiperin natiiville ohjelmakoodille.

ZoiperSoftPhone-luokka sisältää erilaisia kuunneltavia ominaisuuksia, joita näkymä kuuntelee *PhoneController* nimisen käsittelijänä toimivan luokan kautta. Näiden ominaisuuksien perusteella käyttöliittymässä päivittyvät esimerkiksi erilaisten painikkeiden tilat, kuten soita-, vastaa- ja katkaise-painikkeet. Lisäksi näkymä kuuntelee käsittelijän kautta puhelimen tilaa ilmaisevaa ominaisuutta, jonka tilaa muutetaan sen mukaan, onnistuiko SIP-puhelimen rekisteröinti palvelimelle.

Sovelluksen lokien kirjoitusta varten hyödynnetään Simple Logging Facade for Java (SLF4J) -kirjastoa, joka tarjoaa helpon rajapinnan ohjelman suorituksen aikaisen informaation tallentamiseen. SLF4J:n kanssa voidaan hyödyntää Apachen log4j-kirjastoa, jonka avulla loki voidaan konfiguroida kirjoitettavaksi tiedostoihin lokin eri tasojen mukaan. Tämä helpottaa sovelluksen toiminnan virheiden etsintää ja testausta, kun virheet voidaan kirjoittaa eri lokitiedostoon kuin muu informaatio. SLF4J-kirjasto on helppo ottaa käyttöön hyödyntäen Maven-koontityökalua, jolloin riittää yhden riippuvuuden lisääminen Mavenin konfigurointitiedostoon, jolloin Maven hakee automaattisesti oikeat paketit Internetistä Mavenin tietovarastosta.

5.3 Toteutetut toiminnallisuudet

Konseptiratkaisussa toteutettuun videopuhelimen integraatioon on rakennettu perustoitinnallisuudet. Tämän lisäksi videopuhelun ohjauksen toteutuksessa on mahdollista aloittaa sekä lopettaa videon käyttö. Hälytystoiminnan vaatimusten perusteella toteusratkaisussa on kiinnitetty huomiota myös sovelluksen tapahtumien lokien pitoon. Sovelluksen SIP-puhelimen asetukset määritellään konfiguraatitiedostossa, johon asetetaan palvelimen osoite, johon yhteys halutaan ottaa, sekä tunnus ja salasana.

Kun sovelluksella halutaan soittaa, voidaan haluttu numero syöttää käyttöliittymässä olevaan kenttään, jonka jälkeen voidaan painaa soita-painiketta. Jos puhelu on jo käynnissä, tai saapuva puhelu on hälyttämässä, on soita-nappi poistettu käytöstä. Tällöin nykyinen puhelu pitää ensin lopettaa tai saapuvaan puheluun vastata tai katkaista se. Kun käyttöliittymän painiketta painetaan, sovelluksessa kutsutaan käsittelijästä soita-metodia, jolle annetaan parametrina käyttöliittymällä syötetty numero. Tämän jälkeen käyttöliittymäkomponentin käsittelijä kutsuu puhelimen käsittelijä-luokan soita-metodia, jolloin Zoiperin VoIP SDK:ta kutsutaan. Tämän jälkeen saadaan Zoiper VoIP SDK:lta takaisin tapahtuma, joka ilmaisee, että uusi puhelu on luotu ja aktiivinen. Puhelu lopetetaan vastaavasti käsittelijän kautta, joka kutsuu Zoiperin VoIP SDK:n rajapinnan kautta puhelun lopetus-metodia.

Video aloittamista ja lopettamista varten on käyttöliittymällä omat napit, joiden painaminen aktivoi puhelimen käsittelijän luokassa videon kaappaamisen web-kameralta *VideoCapture*-luokkaa hyödyntäen. Lisäksi saapuvia videon kuvia prosessoidaan ja välitetään eteenpäin käyttöliittymän näkymälle.

Sovelluksen toiminnasta halutaan kerätä tietoja ja tätä varten sovelluksessa on toteutettu tarpeellisia lokin keräämiseen liittyviä toimintoja. Tässä ratkaisussa nämä lokiin kirjoitettavat tiedot tulostetaan konsoliin, mutta sovellukseen voidaan tarvittaessa konfiguroida lokin tallentaminen tiedostoihin, jolloin niitä voidaan paremmin analysoida jälkikäteen.

5.4 Testaus

Konseptiratkaisun testaus suoritettiin käyttämällä kahta työasemaa, kuten kuvassa 5 esitetään. Toisella työasemalla on käynnissä kehitetty konseptiratkaisusovellus ja toisella voi olla käytännössä mikä tahansa SIP-puhelin. Tässä tapauksessa käytettiin ilmaista Zoiper-puhelinsovellusta. Toiselta työasemalta rekisteröidytään samalle Asterisk-palvelimelle kuin mihin konseptiratkaisun sovellus on rekisteröityneenä, jonka jälkeen voidaan soittaa työssä tehdyllä sovelluksella sekä toisella työasemalla olevalla SIP-puhelimella toisilleen. Tällaisella kahden työaseman konfiguraatiolla voidaan testata videopuheluiden toimivuutta hyödyntämällä työasemien web-kameroita.

Työssä testattiin myös Asterisk-puhelinvaihteen toiminnallisuuksia. Videopuheluiden kanssa Asterisk toimi hyvin, eikä ongelmia esiintynyt. Asteriskin avulla testattiin myös TLS- ja SRTP-protokollan käyttöä, joiden toiminnassa ei havaittu puutteita ja puhelut toimivat kuten pitikin. Kaiken kaikkiaan Asterisk-puhelinvaihde toimi tässä työssä moitteettomasti, eikä sen toiminnassa esiintynyt ongelmia kehitetyn sovelluksen kanssa. Suurimmat haasteet Asterisk-puhelinvaihteen käytössä olivat sen konfiguroinnissa, koska siihen ei ollut valmista mallia ja konfigurointiin liittyvät ohjeet olivat puutteellisia. Asteriskin konfigurointi suoritettiin FreePBX-käyttöliittymän sekä komentorivin avulla.

5.5 Suorituskyky ja luotettavuus

Sovelluksen suorituskykyä testattiin kokeilemalla erilaisia videon parametreja, kuten resoluution ja kuvataajuuden säätöä. Tässä yhteydessä havaittiin, että koska Zoiperin VoIP SDK toimii periaatteella, jossa vain yksi kuva lähetetään tai vastaanotetaan kerrallaan, on näiden kuvien prosessointi melko raskasta. Lisäksi JavaFX:n ImageView-komponentti ei sovellu videokuvan näyttämiseen kovinkaan hyvin, joten videon näyttämistä varten täytyisi kehittää oma käyttöliittymäkomponentti, mutta sellaista ei kehitetty osana tätä työtä, vaan se jätetään jatkokehityksen ideaksi. Lisäksi kuvien prosessoinnin tehostaminen, esimerkiksi valmiita ohjelmakirjastoja käyttämällä, voisi tuoda lisää suorituskykyä videokuvan näyttämiseen sekä lähettämiseen. Video toimii sulavasti 1280 pikseliä leveällä ja 720 pikseliä korkealla resoluutiolla videon kuvataajuuden ollessa 30 kuvaa sekunnissa. Tätä voidaan pitää jo melko hyvänä videopuhelun laatuna. Jos esimerkiksi videopuhelu soitetetaan päätelaitteesta mobiiliin verkkoyhteyden yli, verkon tiedonsiirtonopeus ei luultavasti riitä, mikäli resoluutiota halutaan suurentaa merkittävästi.

Suorituskyvyn ja luotettavuuden vuoksi tulisi selvittää, onko tiedon siirtoon mahdollista hyödyntää useampaa kanavaa. Esimerkiksi äänen siirtäminen voisi tapahtua normaalia puhelua hyödyntäen, mutta video siirrettäisiin Internetin yli SIP- ja RTP-tekniikoita hyödyntäen. Tällä tavoin voidaan varmistaa, että puhelu saadaan yhdistettyä ja kuuluviin, vaikka Internet-verkossa tai mobiilissa tiedonsiirrossa olisi kapasiteetti vähissä tai jos soittajan mobiiliverkon tiedonsiirtokyky ei ole riittävä. Videopuhelun vaatima tiedonsiirtonopeus riippuu suuresti halutusta videon laadusta sekä käytetystä koodekista. Microsoftin (2015) mukaan esimerkiksi H.264-koodekkia käytettäessä 480 kertaa 270 resoluution video vaatii 200–450 kilobittia sekunnissa, kun taas tarkempi 1280 kertaa 720 resoluution video saattaa vaatia jopa 2500 kilobittia sekunnissa. Käytännössä tavallisen puhelun sekä IP-pohjaisen videopuhelun yhdistäminen vaatii sovellukseen tuen useamman SIP-puhelun samanaikaiseen hyödyntämiseen yhtä ilmoitusta käsiteltäessä. Lisäksi soittajan päätelaitteeseen tarvitaan erillinen sovellus, jolla voidaan soittaa normaali puhelu käyttäen matkapuhelinverkkoa sekä sen jälkeen soittaa SIP-puhelu Internetin yli.

5.6 Turvallisuus

Konseptiratkaisussa testattiin myös tiedonsiirron signaloinnin salaamista TLS-protokollan (Transport Layer Security) avulla ja median, kuten äänen ja videon, salaamista SRTP-protokollan avulla. Nämä tekniikat oli helppo ottaa käyttöön, sillä Asterisk-puhelinvaihe ja Zoiper VoIP SDK tukevat suoraan näitä standardeja. TLS:n käyttöä varten Asterisk-palvelinta varten luotiin itse sertifikaatit, jotka otettiin käyttöön niin Asterisk-palvelussa kuin kehitetyssä sovelluksessa Zoiper VoIP SDK:n kanssa. Näiden salaustekniikoiden käytössä ei tullut vastaan mitään ongelmia vaan puhelut toimivat

hyvin. Salaustekniikoiden ollessa käytössä, ei myöskään ollut havaittavissa suorituskyvyn heikkenemistä salaamattomaan liikenteeseen verrattuna.

Näiden salausmekanismien hyödyntäminen ratkaisussa ei ole välttämätöntä, sillä sovelusta käyttävät päätteet toimivat Internetistä eristetyssä sisäverkossa. Suuri osa ratkaisua koskevista tietoturvavaatimuksista koskee järjestelmää itseään. Lisäksi täytyy voida tuoda puhelut suojatusti sisään järjestelmään ja suojata verkkoliikenne siten, että sitä ei päästä kuuntelemaan tai häiritsemään.

6. JATKOKEHITYS

Toteutettua konseptiratkaisua voidaan jatkossa kehittää integroitavaksi Insta Response -tuoteperheeseen. Tässä yhteydessä voidaan kehittää myös tarpeellisia lisätoimintoja sovellukseen. Insta Response CC -tuotteessa on yhteinen ilmoitusjono, johon kaikki erilaiset ilmoitukset saapuvat. Hälytysilmoitusten käsittelyn näkökulmasta videopuhelun vastaanotto ei siis eroa tavallisesta puhelusta, vaan ilmoittajan soittama videopuhelu saapuu samaan tapaan ilmoitusjonoon kuin muutkin puhelut ja ilmoitukset. Ilmoituksia voi tulla myös automaattisista hälytyslaitejärjestelmistä. Videopuheluintegraation jälkeen tällaiset järjestelmät voivat tuottaa ilmoituksen jonoon videopuhelun avulla, jolloin esimerkiksi automaattinen murtohälytin voi hälyttäessään välittää reaaliaikaista videokuvaa hälytyskeskukseen osana ilmoitusta. Kun operaattori vastaa videopuheluna saapuvaan ilmoitukseen, voidaan joko tarjota mahdollisuus aktivoida videopuhelu tai se voidaan aktivoida automaattisesti. Ratkaisun integrointi vaatii videotuen lisäämisen IP-pohjaiseen puhelinvaihteeseen, ellei sitä vielä ole.

Verkon suunnittelu on tärkeässä roolissa IP-pohjaisten videopuheluiden integroinnissa, ja siinä tulee huomioida, miten tietoturvasuojattuun verkkoon voidaan tuoda puhelu Internetistä. Käytännössä tämä vaatisi erilaisten palomuurien hankintaa tai niiden konfigurointia. Lisäksi verkon suunnittelussa tulee huomioida tarvittava kapasiteetti, joka riippuu lisäksi siitä, kuinka korkealaatuista videokuvaa halutaan käyttää sekä siitä, miten suuri osa ilmoituksista hyödyntäisi videota yhtenä medianä. Lisäksi muut kuin ilmoituspohjaiset käyttötapaukset asettavat vaatimuksia verkon suorituskyvylle. Tällaisia ovat esimerkiksi kentällä olevilta yksiköiltä saapuvat videot sekä erilaisten valvontajärjestelmien välittämät videot. Ensimmäisessä aliluvussa pohditaan ideoita ja ajatuksia videopuheluratkaisun jatkokehitykselle operatiivisen toiminnan näkökulmasta. Toisessa aliluvussa laaditaan jatkosuunnitelma, miten tämän työn tulosten perusteella voidaan jatkaa videopuheluintegraation kehittämistä.

6.1 Ajatuksia ja ideoita

Toteutettuun konseptiratkaisuun tulisi lisätä ainakin tallennustoiminnot, jotta se voitaisiin ottaa operatiiviseen käyttöön hälytystoiminnassa. Kaikki videoliikenne tulisi tallentaa joko järjestelmän tai sovelluksen toimesta. Tallennustoiminto on tärkeä vaatimus, jotta jälkikäteen voidaan esimerkiksi tutkia tapahtumien kulkua. Operaattorin toiminnan helpottamiseksi sovellukseen voitaisiin lisätä toimintoja, joilla videosta voidaan tallentaa osia tai yksittäisiä kuvia. Nämä tallennetut lyhyet videot tai kuvat liitettäisiin automaattisesti osaksi tapahtumaa.

Kun toteutettua konseptiratkaisua integroidaan olemassa olevaan tuotteeseen, voidaan tallennustoimintojen lisäksi kehittää useita muitakin uusia toimintoja, joita valmiissa järjestelmässä voidaan hyödyntää. Videon käsittelyä voidaan parantaa huomattavasti tarjoamalla sen käyttöön sopivat kontrollit, joilla videota voidaan esimerkiksi pysäyttää sekä kelata. Lisäksi videota tulisi voida zoomata tarpeen vaatiessa, jolloin siitä voidaan erottaa tärkeitä yksityiskohtia. Näiden kontrollien tulisi olla helppokäyttöisiä eivätkä ne saisi häiritä operaattorin muuta toimintaa. Järjestelmä voi myös tarjota mahdollisuuden säätää videon kuvanlaatua, kuten resoluutiota sekä kuvataajuutta. Esimerkiksi hitaalla yhteydellä voidaan näyttää lähes pysäytyskuvaa suuremmalla resoluutiolla, jolloin voidaan erottaa kuvasta enemmän asioita, kuin suuremmalla kuvataajuudella päivittyvästä pieniresoluutioisesta kuvasta.

Operaattorille voidaan tarjota mahdollisuutta lähettää valitsemansa kuva tai video esimerkiksi, jos riskinarvio ehdottaa elvytystä. Sovellus voisi videon käytön ollessa mahdollinen tarjota suoraan sopivia ehdotuksia videoista, joita voitaisiin lähettää ilmoittajalle. Esimerkki tällaisesta voisi olla vaikkapa elvyttämisen lisäohjeiden antaminen videolla, tai lyhyt ohjeistusvideo defibrillaattorin käytöstä. Muita tarpeellisia toimintoja, joita jatkossa voitaisiin myös tarvita, olisi esimerkiksi tuki videokonferenssille. Tällä voidaan mahdollistaa esimerkiksi tulkin ottaminen mukaan puheluun tulkaamaan ilmoittajan viittominen hälytyskeskuksen operaattorille. Videokonferenssi voidaan toteuttaa myös alemmalla tasolla järjestelmää, jolloin operaattorin käyttämään sovellukseen ei tarvita lisätoiminnallisuuksia tavalliseen konferenssipuheluun verrattuna videokonferensseja käytettäessä. Tällöin jokainen videokonferenssin osapuoli vastaanottaa vain yhtä videokuvaa usean sijaan.

Ilmoitusten tekoa varten kehitettävään päätelaitesovellukseen voidaan keksiä useita toimintoja, joista voisi olla hyötyä käytännön toiminnassa. Hätäkeskuksessa ilmoitusta käsittelevä operaattori voisi esimerkiksi valita kameran, josta ilmoittajan kuva lähetetään, jolloin ilmoittajan ei itse tarvitsisi ilmoitusta tehdessään valita kameraa ja tehdä ylimääräisiä asioita. Ilmoittaja voisi keskittyä ilmoituksen tekemiseen ja operaattori voisi keskittyä sen käsittelyyn sekä ylimääräisen tiedon hankkimiseen muun muassa kameroiden avulla. Operaattorilla voisi jopa olla mahdollisuus hyödyntää päätelaitteiden kameroiden zoomia sekä valita mihin kamera tarkentaa. Tällaiset toiminnot tosin vaativat huomattavan paljon toiminnallisuutta ilmoitussovellukseen sekä operaattorin käyttöliittymään. Lisäksi näiden käskyjen välitykseen vaadittaisiin muitakin taustajärjestelmää sekä sovelluksen ja järjestelmän välistä kommunikaatiota.

Järjestelmään on mahdollista kehittää integraatio erilaisiin käytössä oleviin kenttäjärjestelmiin, jolla mahdollistettaisiin kenttäjärjestelmien ja keskusten välinen videon käyttäminen. Tällöin video voidaan aktivoida automaattisesti esimerkiksi tilanteen seuranta varten hälytyskeskuksesta tai yksikkö voisi halutessaan ottaa videoyhteyden keskukseen oman harkintansa perusteella. Järjestelmä voisi mahdollistaa myös yksikön automaattisen videon lähettämisen tapahtumapaikalle saapumisen jälkeen. Lisäksi operaattorille

voidaan tarjota jopa ohjausmahdollisuus yksiköiden kameroihin, jolloin esimerkiksi yksikön autossa olevaa kameraa voisi mahdollisesti kääntää eri suuntiin ja zoomata tilanteen mukaan.

Videon käyttöön olisi mahdollista kehittää järjestelmään myös kehittyneempiä toimintoja. Järjestelmä voisi esimerkiksi automaattisesti analysoida saapuvia videoita ja hyödyntää erilaisia tunnistustekniikoita, kuten kasvojen tai rekisterikilpien tunnistusta. Tällaisten tekniikoiden avulla olisi mahdollista merkitä videoihin liittyviä henkilöitä ja ajoneuvoja, jotka voitaisiin esimerkiksi liittää automaattisesti osaksi tapahtumaa ja ilmoitusta. Tämä tarjoaisi lisäksi mahdollisuuden hyödyntää automaattista kameravalvontaa siten, että videolta voidaan tunnistaa henkilöitä tai ajoneuvoja. Järjestelmä voisi tällaisten tunnistajien perusteella esimerkiksi luoda automaattisesti tapahtumia ja tehtäviä esimerkiksi etsittävien henkilöiden tai varastetuiksi merkittyjen autojen tapauksissa.

Tulevaisuudessa lisätyn todellisuuden ratkaisut lisääntyvät entistä nopeammin ja saavat useita uusia soveltamiskohteita. Tällaisia ratkaisuja voidaan hyödyntää osana hälytystoimintaa. Erilaisilla lisätyn todellisuuden tekniikoilla voidaan esimerkiksi opastaa henkilöitä paikasta toiseen. Tällainen tapaus voisi olla tilanne, jossa ilmoittajalta tulevan videon päälle tarjottaisiin rakennuksen pohjapiirustuksen perusteella opasteita ja tämä välitettäisiin takaisin ilmoittajalle. Kuvatun kaltaisella ratkaisulla voidaan esimerkiksi auttaa ihmisiä poistumaan palavista rakennuksista.

Yksi erittäin mielenkiintoinen käyttötapaus videon käytölle olisi esimerkiksi viranomaisten virtuaalisen tilannekuvan muodostaminen. Tätä virtuaalista tilannekuvaa olisi mahdollista hyödyntää hälytyskeskuksissa ympäri maan. Tähän virtuaaliseen tilannekuvaan täydentyisi automaattisesti tietoja järjestelmän eri osista, kuten ilmoitusten perusteella luotavista tapahtumista. Tällaiseen virtuaaliseen tilannekuvaan voidaan liittää videoita niiden sijaintien perusteella, ja videoilta voitaisiin automaattisesti tunnistaa esimerkiksi rakennuksia ja muita kohteita, jolloin tilannekuva muuttuisi tunnistettujen tietojen perusteella. Tällaisen virtuaalisen tilannekuvan muodostamiseen olisi mahdollista hyödyntää jopa miehittämättömiä ilma-aluksia, joista voitaisiin vastaanottaa videota automaattisesti suurelta alueelta.

6.2 Jatkosuunnitelma

Ensimmäinen askel videopuheluiden käyttöönottoa varten olisi aloittaa tässä työssä tehdyn analyysin sekä käyttötapauksen pohjalta operatiiviseen hälytystoimintaan sopivien toimintamallien sekä erilaisten riskinarvioiden kehittäminen videopuhelua ajatellen. Tässä yhteydessä olisi ensiarvoisen tärkeää pohtia, millaisissa tilanteissa videopuhelun käyttäminen olisi järkevää. Tämän pohjalta voidaan laatia uusia ja päivittää nykyisiä riskinarvioita. Lisäksi tulisi selvittää miten videon käyttö vaikuttaa nykyisiin toimintamalleihin, sillä itse toiminta ei saisi tulla riippuvaiseksi videon tarjoamasta informaatiosta. Näiden riskinarvioiden pohjalta sekä toimintamalleihin perustuvan ohjeistuksen

avulla hälytyskeskuksen operaattorit voivat ottaa videon osaksi työtään sekä tehdä videolta saatavan informaation perusteella päätöksiä järjestelmän tukemana.

Seuraavaksi tulisi aloittaa järjestelmän sekä verkkoinfrastruktuurin suunnittelu, sillä siten varmistettaisiin videopuhelun turvallinen tuominen järjestelmään sisään sekä itse järjestelmän kyky hyödyntää videopuhelua esimerkiksi IP-pohjaisessa puhelinvaihteessa. Tämän suunnittelutyön pohjaksi määritellään halutut videon laadut sekä koodekit, joiden perusteella voidaan arvioida vaadittua tiedonsiirron kapasiteettia sekä puhelinvaihteelle tulevia vaatimuksia.

Ilmoitussovellusten kehitys tulisi aloittaa samanaikaisesti verkon suunnittelun kanssa. Tämä voisi esimerkiksi tarkoittaa älypuhelinsovellusta, jolla voisi soittaa hätäkeskukseen videopuhelun. Sovellus tulisi kehittää kaikille yleisimmille käytössä oleville mobiilialustoille. Ilmoitussovellusten kehittämisen yhteydessä tulisi myös testata SIP-puhelun suorituskykyä ja luotettavuutta eri tiedonsiirtoverkkojen yli, kuten 3G- ja 4G-matkapuhelinverkoissa sekä langattomalla verkkoyhteydellä. Tämän pohjalta sovelluksen tulisi kyetä päättämään, milloin päätelaitteen saatavilla olevat yhteydet olisivat tarpeeksi suorituskykyiset video- tai äänipuhelun tekemiseen. Tähän sovellukseen voidaan integroida mahdollisia lisätoimintoja, kuten soittajan sijainnin ja muiden tietojen lähettäminen videopuhelun ohessa. Lisäksi operaattori voisi ohjata soittajan puhelinta vaihtamalla käytettävää kameraa. Yksinkertaisimmillaan ilmoituspään sovellus voisi olla periaatteessa mikä tahansa SIP-puhelin, jolla voidaan ottaa yhteys tiettyyn IP-osoitteeseen, joka ohjattaisiin sisään järjestelmään. Tällöin käyttäjän tulisi etukäteen tietää, mihin sovelluksella soittaa, mikä ei hätätilanteita ajatellen ole käytännöllistä, jos vaihtoehtona on valmis sovellus, josta voidaan nappia painamalla soittaa automaattisesti hätäpuhelu oikeaan paikkaan.

Jatkossa tulisi selvittää, millaisia mahdollisia haittavaikutuksia videon käyttö voisi aiheuttaa sekä millaisia vaatimuksia ja ehtoja nämä vaikutukset aiheuttavat toimintamalleille. On tärkeää arvioida ja tutkia, miten hälytyskeskuksen operaattorien henkinen kuormitus muuttuu, kun aikaisemman äänipuhelun sijaan operaattori voisikin nähdä videolta suoraan miltä esimerkiksi onnettomuuspaikalla näyttää, jolloin operaattorin on huomattavasti vaikeampaa etäännyttää itsensä tilanteesta. Tämä voi vaikeuttaa huomattavasti operaattorien kykyä toimia rationaalisesti kriittisillä hetkillä sekä kykyä pysyä objektiivisena.

Videopuheluiden sekä erilaisten ilmoitussovellusten käyttö vaikuttaa ilmoituksen tekemisen prosessiin. Tästä syystä olisi tärkeää selvittää, millaisia vaikutuksia sovellusten ja videopuheluiden käyttämisellä on. Ne saattavat parhaimmillaan nopeuttaa ja helpottaa ilmoituksen tekemistä ja edesauttaa avun saamista, mutta pahimmillaan ne voivat sekoittaa apua tarvitsevaa henkilöä ja saattavat hidastaa hälytyksen tekemistä ja avun paikalle saamista. Esimerkiksi tiettyyn yksinkertaiseen numeroon soittamisen sijaan, ilmoittajan tulisikin etsiä älypuhelimestaan sovellus, jolla soittaa hätäpuhelu, mikä voi jo

viedä useita sekunteja. Erilaisia ilmoitussovelluksia voi lisäksi olla useita, esimerkiksi eri maiden tai alueiden omat sovellukset. Tämä ongelma voidaan ratkaista tutkimalla, miten tavallinen puhelu voidaan muuttaa videopuheluksi. Käytännössä voitaisiin esimerkiksi luoda nykyisen äänipuhelun rinnalle toinen IP-pohjainen puhelu, jota pitkin siirrettäisiin ainoastaan video. Tämä kuitenkin vaatisi ilmoittajan käyttämältä päätelaitteelta tuen videopuhelun tekemiseen tavallisen äänipuhelun rinnalla.

Ilmoitussovelluksissa tulee huomioida myös se, että päätelaitteen mobiili tiedonsiirtoyhteys ei välttämättä toimi tarpeeksi hyvin tai langaton verkkoyhteys on katkennut. Tällöin puhelu saattaa yhdistyä, mutta äänen ja videon käyttö on hankalaa puhelussa esiintyvien viiveiden tai muiden häiriöiden takia. Tämä tulee huomioida ilmoitussovellusten kehityksessä ja näiden sovellusten tulee osata saatavien verkkojen perusteella soittaa tavallinenkin puhelu, mikäli tiedonsiirtoyhteydet eivät ole riittävät IP-puhelun tekemiseen.

Ennen kuin videopuhelut voidaan ottaa käyttöön, on selvittettävä millaisia vaatimuksia lainsäädännöstä seuraa videopuheluiden hyödyntämiselle hälytyskeskustoiminnassa. Vaatimukset voivat koskea esimerkiksi materiaalin käsittelyä, sen säilytystä tai yksilön-suojaa. Koska kaikki materiaali tallennetaan, tulee materiaalin pääsyä rajoittaa sekä seurata. On myös mahdollista, että ilmoituksessa käytettävä video saattaa rikkoa yksilön-suojaa, sillä videolle saattaa päätyä esimerkiksi henkilöitä, jotka eivät liity mitenkään itse tapahtumaan tai ilmoitukseen. Nämä asiat koskevat niin videon käyttöä hälytysilmoituksen tekemiseen, kuin myös muuta videon käyttöä, kuten valvontakuvaa sekä tilannekuvan lähettämistä tapahtumapaikalta esimerkiksi yksikön toimesta.

6.3 Työn arviointi

Tässä työssä keskeisessä osassa oli selvittää, miten videopuhelua voidaan hyödyntää hälytystoiminnassa ja mitä hyötyä siitä voisi olla eri toimijoille. Tässä työssä muodostetut käyttötapaukset antavat hyvän käsityksen siitä, millaisia mahdollisuuksia videopuhelu tarjoaa hälytystoiminnalle. Nämä käyttötapaukset pyrkivät erilaisiin tavoitteisiin, joita ovat esimerkiksi hälytysilmoitusten tekeminen tai niiden lisäinformaation tuottaminen sekä tilannekuvan rakentaminen. Hälytysilmoituksen tekeminen on erityisen hyödyllinen käyttötapaus esimerkiksi kuulovammaisille, varsinkin jos mahdollistettaisiin videokonferenssit tulkin kanssa. Toisaalta lisäinformaation tuottaminen on tärkeää, sillä hälytyskeskuksessa ilmoituksen vastaanottajan voi olla vaikea saada käsitystä tilanteen suuruudesta ja vakavuudesta, jolloin esimerkiksi videokuva tulipalosta voi helposti ja nopeasti antaa hyvän käsityksen siitä, millainen vaste tapahtumapaikalle pitää hälyttää.

Näiden lisäksi videopuhelulla voidaan rakentaa tilannekuvaa hälytyskeskusten, johtokeskusten ja kentällä toimivien yksiköiden välillä. Tilannekuvaa voidaan parantaa hyödyntämällä muun muassa ilmasta käsin kuvattavaa videota, jolloin saadaan suurelta alueelta nopeasti tietoa. Toisaalta yksiköiltä voidaan saada videokuvaa hälytyskeskukseen,

jolloin hälytyskeskuksessa voidaan reagoida esimerkiksi lähettämällä paikalle lisää yksiköitä. Näitä käyttötapauksia on arvioitava kriittisesti, sillä hälytystoiminnassa on tärkeää, ettei esimerkiksi ilmoituksen vastaanotto vie tarpeettomasti aikaa. Videopuhelun käyttö osana ilmoituksen vastaanottamista ei saa hidastaa prosessia. Tätä voidaan helpottaa hyödyntämällä automatisoituja järjestelmiä, jolloin esimerkiksi ilmoittajan käyttämä sovellus voi automaattisesti tarjota videota, joka voidaan näyttää ilmoituksen vastaanottajalle suoraan ilman ilmoittajan toimenpiteitä.

Videopuhelun tukemiseen on tarvetta hätäkeskuksissa, mistä syystä Euroopan unionikin on rahoittanut useita projekteja, joilla kehitetään tukea uusille mediaformaateille sekä yhteiseurooppalaista arkkitehtuuria. Edellä esitettyjen käyttötapauksen pohjalta voidaan helposti todeta, että videopuhelun integroiminen osaksi hälytyskeskusjärjestelmää, antaa mahdollisuuksia tehdä asioita uusilla eri tavoilla ja aiempaa paremmin. Osa esitellyistä käyttötapauksista on selkeästi nykyisten toimintamallien kehittämistä ja laajentamista, mutta osa on kokonaan täysin uudenlaisia käyttötapauksia, jollaisia ei ole ilman videopuhelua ollut mahdollista hyödyntää. Näissä uudenlaisissa käyttötapauksissa on paljon potentiaalia ja niitä on mahdollista keksiä myös lisää tämän työn tapausten lisäksi.

Tässä työssä toteutettua konseptiratkaisua varten pohdittiin sitä, millaisia vaatimuksia hälytystoimintaympäristö asettaa sovelluksille ja järjestelmille. Näitä vaatimuksia käytettiin erilaisia tekniikoiden arviointiin, ja niiden perusteella päädyttiin käyttämään SIP- ja RTP-protokollaan perustuvaa ratkaisua. Tätä valintaa voidaan perustella lisäksi sillä, että tavallinen puhelinliikenne voidaan muuntaa IP-pohjaiseksi liikenteeksi näiden protokollien avulla. Konseptiratkaisussa käytetyt työkalut ja tekniikat soveltuvat hyvin hälytystoiminnan käyttöön, mutta suljettuun ratkaisuun tukeutuminen ei välttämättä ole kestävä ratkaisu pidemmällä aikavälillä. Jos tukeudutaan kaupalliseen sovellukseen, on varmistettava, että sovelluksella tulee olemaan tukea sitä käyttävän järjestelmän koko käyttöänsä ajan. Mahdollisuuksien mukaan tulisi sovelluksia kehittää tukemaan uusia teknologioita ja mediaformaatteja.

Tämän työn tulosten pohjalta voidaan kehittää Insta Response -järjestelmään integraatio videopuheluille. Videopuhelu toimi hyvin osana työpöytäsovellusta, eikä videokuvan näyttäminen ole liian haastavaa muun käyttöliittymän lisänä. Toisaalta tietoturvaan koskevia vaatimuksia on selvitettävä lisää. Tässä työssä niihin ei paneuduttu, sillä työstä on rajattu pois selvitys verkkoinfrastruktuurista, jota suuri osa tietoturva-vaatimuksista koskee. Tietoturvaan koskevat vaatimukset ottavat kantaa myös fyysiseen turvallisuuteen sekä turvajohtamiseen, jotka eivät myöskään kuulu tämän työn piiriin.

Kuten jatkosuunnitelmassa todetaan, haittavaikutusten selvittäminen on tärkeää ennen kuin videopuhelu voidaan ottaa käyttöön. Jos hälytyskeskuksen ilmoitusta vastaanottava henkilö ei kykene tekemään työtään, koska henkinen kuormitus lisääntyy, ei videopuhelusta ole paljon hyötyä. Tällaisia tilanteita voidaan kuitenkin ehkäistä muun muassa hyödyntämällä järjestelmän riskinarvioita, jotka voidaan tehdä niin, että mahdollisissa

henkisesti raskaissa tilanteissa järjestelmä ei ehdota videopuhelua, tai ei ainakaan automaattisesti kytkisi videota päälle. Tällaisten haittavaikutuksien arvioiminen ei kuitenkaan ole yksinkertaista. Jotta arviointia ja pohdintaa voidaan tehdä luotettavasti, tarvitaan paljon ymmärrystä ja kokemusta siitä, mitä hälytyskeskuksessa ilmoitusten vastaanottaja joutuu työssään käsittelemään.

7. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä työssä tutkittiin videopuhelun käyttöä hälytystoiminnassa osana hälytys- ja hätäkeskustoimintaa, jotka ovat Suomessa lakisääteistä toimintaa. Insta DefSecin kehittämä Insta Response -tuoteperhe tarjoaa hälytyskeskustoiminnalle suunnitellun kokonaisuuden, jonka eri osat muodostavat yhdessä saumattoman kokonaisuuden. Insta Response -järjestelmässä on järjestelmänlaajuinen, mutta hajautettu ilmoitusjono, johon kaikki eri ilmoituskanavia pitkin tulevat hälytysilmoitukset yhdistetään. Tämän työn pohjalta järjestelmään voidaan kehittää integraatio videopuheluille, jolloin nekin voidaan yhdistää järjestelmässä samaan ilmoitusjonoon.

Video- ja tekstipohjainen viestintä on lisääntynyt erilaisten VoIP-pohjaisten ratkaisujen kehittymisen myötä. Nämä uudet tekniikat ja järjestelmät ovat syrjäyttämässä tavallisen kaksisuuntaisen viestinnän. Euroopan hätänumerojärjestön tavoitteena on kehittää yhteinen arkkitehtuuri, jonka avulla uudet teknologiat voitaisiin hyödyntää hätäkeskustoisuudessa Euroopassa. Tällä hetkellä hälytystoiminnassa videota hyödynnetään lähinnä erilaisia videovalvontamekanismeja käyttämällä, ja itse hälytysilmoitus tulee usein ilmoitinlaiteilmoituksena toista ilmoituskanavaa pitkin. Hälytyskeskuksessa ilmoituksen vastaanottaja voi ilmoitukseen vastatessa katsoa kohteen videokuvaa esimerkiksi selaimen tai erillisen sovelluksen kautta.

Videopuhelut tarjoavat useita merkittäviä mahdollisuuksia ja käyttötapauksia hälytys- ja hätäkeskustoiminnassa. Videopuheluiden käytölle on olemassa myös tarvetta, sillä uusia mediamuotoja olisi tärkeää tukea, koska tapahtumista siirtyy tietoa esimerkiksi useisiin sosiaalisen median palveluihin välittömästi, mutta hälytyskeskuksessa tätä tietoa ei toistaiseksi ole mahdollista hyödyntää. Lisäksi videopuhelun avulla esimerkiksi kuuloammatit voisivat soittaa hätäpuhelun.

Videopuhelu tarjoaisi hälytyskeskustoimintaan uuden työkalun, jonka avulla voidaan vastaanottaa uudenlaisia ilmoituksia ja kommunikoida eri toimijoiden ja yksiköiden välillä. Videopuhelun käyttö ei rajoitu ainoastaan hälytys- ja hätäilmoitusten vastaanottamiseen, vaan sitä voidaan hyödyntää muun muassa valvonta- ja tilannekuvan rakentamisessa. Työssä pohdittiin erilaisia käyttötapauksia, jotka voidaan jakaa käyttötavoitteen mukaan kolmeen kategoriaan, joita ovat hätäilmoituksen ja sen lisäinformaation tuottaminen, lisätietojen välittäminen yksiköille sekä tilannekuvan parantaminen. Päivystäjän ohjeen tai riskinarvion ehdotuksen perusteella aloitettava videopuhelu sekä videopuheluita hyödyntävät videovalvontajärjestelmät muodostavat hätäilmoituksen. Ne voivat myös tuottaa ilmoitukseen oleellista lisäinformaatiota. Kenttäyksiköiden videopuheluilla voidaan välittää lisätietoa yksiköille. Valvonta ja tilannekuvan rakentamisen

käyttötapauksilla pyritään parantamaan eri toimijoiden tilannekuvaa. Videopuhelulle ei ole kovinkaan monia olemassa olevia ratkaisuja hälytystoiminnan käyttöön, mutta eri tahoilla on kehitetty muun muassa pieniä miehittämättömiä ilma-aluksia, jotka voivat kuljettaa tapahtumapaikalle kalustoa sekä välittää videon avulla lisätietoja tapahtumapaikalta tai ohjeita tapahtumapaikalle.

Videopuheluille on olemassa useita tekniikoita ja sovelluksia, joista tässä työssä käytiin läpi yleisimmät. Hälytystoiminta on ympäristönä haasteellinen ja vaativa. Tästä syystä työssä pohdittiin videopuheluratkaisun vaatimuksia, joiden perusteella eri tekniikoita arvioitiin. Näihin vaatimuksiin lukeutuvat muun muassa sovelluksen integroitavuus, videon tallennettavuus sekä tietoturva. Ratkaisun tulee olla luotettava, eli sen tulee olla käytettävissä ympäri vuorokauden ja riittävän vikasietoinen. Työssä tutkituista tekniikoista ainoastaan SIP- ja RTP-protokolliin perustuvat ratkaisut voivat täyttää kaikki ratkaisulle asetetut vaatimukset.

Osana työtä toteutettiin konseptiratkaisu siitä, miten videopuhelu voidaan tuoda osaksi hälytyskeskuksen ilmoituksen vastaanottajan käyttämää työpöytäsovellusta. Toteutusta varten selvitettiin, mitä työkaluja hyödyntämällä ratkaisu on mahdollista toteuttaa, sekä millaista järjestelmää tämän ratkaisun kehitys ja testaaminen edellyttävät. Ratkaisussa päädyttiin käyttämään kaupallista Zoiper VoIP SDK -ohjelmakirjastoa, sillä siinä on laaja tuki erilaisille SIP- ja RTP-protokolliin liittyviin standardeihin esimerkiksi salaukseen sekä videokoodekkien käyttöön. Tämä konseptiratkaisu osoittaa, että videopuhelu on integroitavissa osaksi Insta Response -järjestelmää.

Konseptiratkaisun pohjalta työssä laadittiin suuntaviivoja videopuheluratkaisun toiminnallisuuden jatkekehitykselle. Toiminnallisuuksia ovat esimerkiksi videon käsittelyyn liittyvät toiminnot, kuten kelaaminen, pysäyttäminen ja erilaisten kenttäjärjestelmien integraatio videon käyttämiseen. Jatkossa tulisi myös aloittaa uusien käyttötapauksen pohtiminen ja riskinarvioiden kehittäminen videopuheluiden näkökulmasta. Tämän jälkeen tulisi jatkaa järjestelmän ja verkon suunnittelua, jonka yhteydessä tulisi testata suorituskykyä videota käyttäessä erilaisten tiedonsiirtoverkkojen ylitse. Tärkeä osa jatkosuunnitelmaa on lisäksi tutkia, aiheuttaako videon käyttäminen haittavaikutuksia, kun hälytyskeskuksen päivystäjä ei välttämättä voi enää etäännyttää itseään tapahtumasta yhtä hyvin kuin pelkkää ääntä käyttäessä. Ennen käyttöönottoa on myös selvitettävä, miten erilaiset lait vaikuttavat videopuhelun käyttämiseen osana hälytystoimintaa.

Tässä työssä tehdyn analyysin pohjalta videopuheluiden hyödyntäminen osana hälytys- ja hätäkeskustoimintaa vaikuttaa erittäin potentiaaliselta työkalulta. Videopuhelua voidaan hyödyntää hälytysilmoitusten teon lisäksi myös useissa muissa toiminnoissa. Videopuheluiden avulla olisi mahdollista osittain automatisoida nykyisiä järjestelmiä. Tällöin voidaan mahdollisesti pienentää kustannuksia ja jopa lisätä järjestelmien luotettavuutta ja kattavuutta. Esimerkiksi palolentojen automatisointi olisi mahdollista toteuttaa käyttämällä miehittämättömiä ilma-aluksia. Toisaalta videopuheluita käyttämällä voi-

daan parantaa tilannekuvaa, jos esimerkiksi suuronnettomuuksien tapahtumapaikalle olisi mahdollista lähettää lennokka, jonka kamerasta saadaan ajantasaista kuvaa ilmasta käsin. Videopuhelun avulla voidaan myös tarjota ajantasaisempaa informaatiota tapahtumapaikalle menossa oleville yksiköille.

IP-pohjaiset teknologiat videopuheluille ovat jo varsin kehittyneitä ja ne tarjoavat riittävästi työkaluja hälytystoimintaan. Erilaiset videoiden pakkaustekniikat ovat jo nyt riittävän tehokkaita, mikä mahdollistaa videon lähettämisen verkon yli myös hitaammalla yhteydellä. Toisaalta tavallisen ja IP-puhelun yhdistäminen tarjoaisi erittäin vikasietoisempaa videopuhelutoteutuksen. Tällöin mahdollisesti vaihteleva tiedonsiirtonopeus ei vaikuttaisi merkittävästi äänen siirtämiseen, jolloin ilmoitus voidaan tehdä tarvittaessa joko ilman videokuvaa tai sen kanssa.

LÄHTEET

Baset, S.A. & Schulzrinne, H.G. (2006). An Analysis of the Skype Peer-to-Peer Internet Telephony Protocol, Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM), Barcelona, Spain, April 23-29, 2006, pp. 1-11.

DEA Drones. (2015). DEA Drones, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 5.10.2015): <http://dea-drones.com/>.

Delprato U. & Machado, G. (2010). REACH112 REsponding to All Citizens needing Help, EGEA Meeting. Saatavissa (viitattu 4.10.2015): http://www.reach112.eu/ressource/static/files/2010_05_28_REACH112_EGEA_final.pdf.

Dilger, D.E. (2010). Inside iPhone 4: FaceTime video calling, Apple Insider. Saatavissa (viitattu 10.10.2015): http://appleinsider.com/articles/10/06/08/inside_iphone_4_facetime_video_calling.html.

Digium. (2015). Get started, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 18.10.2015): <http://www.asterisk.org/get-started>.

Eales, P. (2005). Capturing Architectural Requirements. IBM Rational developer works 2005.

EENA. (2015). 112 Apps Strategy, EENA Operations Document, Mar. 2015, 10 p. Saatavissa (viitattu 4.10.2015): http://www.eena.org/download.asp?item_id=96.

EENA. (2014). 112 Smartphones Apps, EENA Operations Document, Feb. 2014, 34 p. Saatavissa (viitattu 5.3.2015): http://www.eena.org/uploads/gallery/files/operations_documents/2014_02_25_112smartphoneapps.pdf.

EENA. (2012). Next Generation 112 Long Term Definition, EENA NG112 Document, Apr. 2012, 258 p. Saatavissa (viitattu 5.3.2015): http://www.eena.org/uploads/gallery/files/pdf/eena_ng112_longtermdefinition.pdf.

Electronic Frontier Foundation. (2015). Secure Messaging Scorecard, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 10.10.2015): <https://www EFF.org/secure-messaging-scorecard>.

Goodin, D. (2012). Skype replaces P2P supernodes with Linux boxes hosted by Microsoft (updated), Arstechnica, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 20.3.2015): <http://arstechnica.com/business/2012/05/skype-replaces-p2p-supernodes-with-linux-boxes-hosted-by-microsoft/>.

Google. (2015). Google+ Hangouts, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 10.10.2015):
<https://www.google.com/+/learnmore/hangouts/?hl=fi>.

Guha, S., Daswani, N. & Jain. R. (2006). An Experimental Study of the Skype Peer-to-Peer VoIP System. Saatavissa (viitattu 20.3.2015):
<http://iptps06.cs.ucsb.edu/papers/Guha-skype06.pdf>.

Hätäkeskuslaitos. (2015). Hätäkeskusuudistus – Kysymyksiä ja vastauksia hätäkeskusuudistuksesta, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 23.10.2015):
http://www.112.fi/medialle/usein_kysyttya/hatakeskusuudistus.

Hätäkeskuslaitos. (2015). Ilmoitinlaitteet – Palo- ja rikosilmoitinlaitteiden liittäminen hätäkeskukseen, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 23.10.2015):
http://www.112.fi/hatanumero_112/ilmoitinlaitteet.

Hätäkeskuslaitos. (2015). Tekniikka – Usein kysyttyä uudesta ERICA-hätäkeskustietojärjestelmästä, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 23.10.2015):
http://www.112.fi/medialle/usein_kysyttya/tekniikka.

Insta DefSec Oy. (2014). Insta DefSec ja Turvatiimi perustavat hälytyskeskus- ja valvomopalveluja tarjoavan yhteisyrityksen, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 23.10.2015):
<http://www.insta.fi/defsec/blog/insta-defsec-ja-turvatiimi-perustavat-halytyskeskus-ja-valvomopalveluja-tarjoavan-yhteisyrityksen/>.

Insta DefSec Oy. (2015). Insta DefSec - Johtavaa suomalaista puolustus- ja turvallisuusteknologiaa, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 2.10.2015): <http://www.insta.fi/defsec/>.

Insta DefSec Oy. (2015). Instan tietojärjestelmäliiketoiminta laajentunut merkittävästi, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 2.10.2015): <http://www.insta.fi/defsec/blog/instan-tietojarjestelmaliiketoiminta-laajentunut-merkittavasti/>.

Insta DefSec Oy. (2015). Instan Insta Response -tuoteperheen markkinointimateriaali.

Insta DefSec Oy. (2015). Uusi hätäkeskustietojärjestelmä ERICA, esite.

ITV News. (2014). New app to allow 999 callers to live stream from the scene of emergencies, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 24.3.2015):
<http://www.itv.com/news/central/2014-10-22/new-app-to-allow-999-callers-to-live-stream-from-the-scene-of-emergencies/>.

Jain, R. & Duresi, A. (2004). RTP, RTCP, and RTSP – Internet Protocols for Real-Time Multimedia Communication, The Industrial Information Technology Handbook. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 11 p.

Kela. (2015). Etätulkkauksen käyttö, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 2.10.2015): http://www.kela.fi/etatulkkkaus_kaytto.

Kuurojen liitto ry. (2009). Esitys 16: 112-hälytykset, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 24.3.2015): <http://www.kl-deaf.fi/Page/c9c196f5-5cc8-4790-9ea0-579059a4f35e.aspx?groupId=cc0c6f49-0402-4a27-91aa-901630a6b6d2&announcementId=820e0141-a160-4ac5-974e-686e83d10f6b>.

Laki hätäkeskustoiminnasta. (2010). L 20.8.2010/692. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100692>.

Laki yksityisistä turvallisuuspalveluista. (2002). L 12.4.2002/282. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020282>.

Laki yksityisistä turvallisuuspalveluista. (2015). L 1085/2015. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20151085>.

Liphone. (2015). Liblinphone., verkkosivu. Saatavissa (viitattu 28.9.2015): <http://www.liphone.org/technical-corner/liblinphone/overview>.

Martineau, Y. (2014). Peers documentation, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 28.9.2015): <http://peers.sourceforge.net/files/html/peers.html>.

Mercurial. (2015). Mercurial source control management, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 13.10.2015): <https://www.mercurial-scm.org/about>.

Microsoft. (2014). Lync and Lync Server Protocols Overview, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 20.3.2015): [http://download.microsoft.com/download/1/6/F/16F4E321-AA6B-4FA3-8AD3-E94C895A3C97/\[MS-OCSPROT\].pdf](http://download.microsoft.com/download/1/6/F/16F4E321-AA6B-4FA3-8AD3-E94C895A3C97/[MS-OCSPROT].pdf).

Microsoft. (2015). Network bandwidth requirements for media traffic in Lync Server 2013, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 22.10.2015): <https://technet.microsoft.com/en-us/library/jj688118%28v=ocs.15%29.aspx>.

NEXES. (2015). The NEXES Goals, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 28.9.2015): <http://nexes.eu/the-nexes-goals/>.

Perea, R.M. (2008). Internet Multimedia Communications Using SIP. Elsevier, Inc., Burlington, Massachusetts, USA, 600 p.

PJSIP. (2015). About PJSIP, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 28.9.2015): <http://www.pjsip.org/about.htm>.

PJSIP. (2015). PJSIP Datasheet, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 28.9.2015): <http://trac.pjsip.org/repos/wiki/PJSIP-Datasheet>.

Saint-Andre, P., Smith, K. & Troncon, R. (2009). XMPP: The Definitive Guide, O'Reilly Media, Inc., Sebastopol, California, USA, 310 p.

Schwarz, H., Marpe, D. & Wiegand, T. (2007). Overview of the Scalable Video Coding Extension of the H.264/AVC Standard. IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, Vol. 17(9), pp. 1103-1120.

Skype. (2015). What is Skype Connect™ and how does it work?, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 20.3.2015): <https://support.skype.com/en/faq/FA10549/what-is-skype-connect-and-how-does-it-work>.

Skype for Business Team. (2015). Skype for Business is here—and this is only the beginning, Office Blogs, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 20.3.2015): <http://blogs.office.com/2015/03/18/skype-for-business-is-here-and-this-is-only-the-beginning/>.

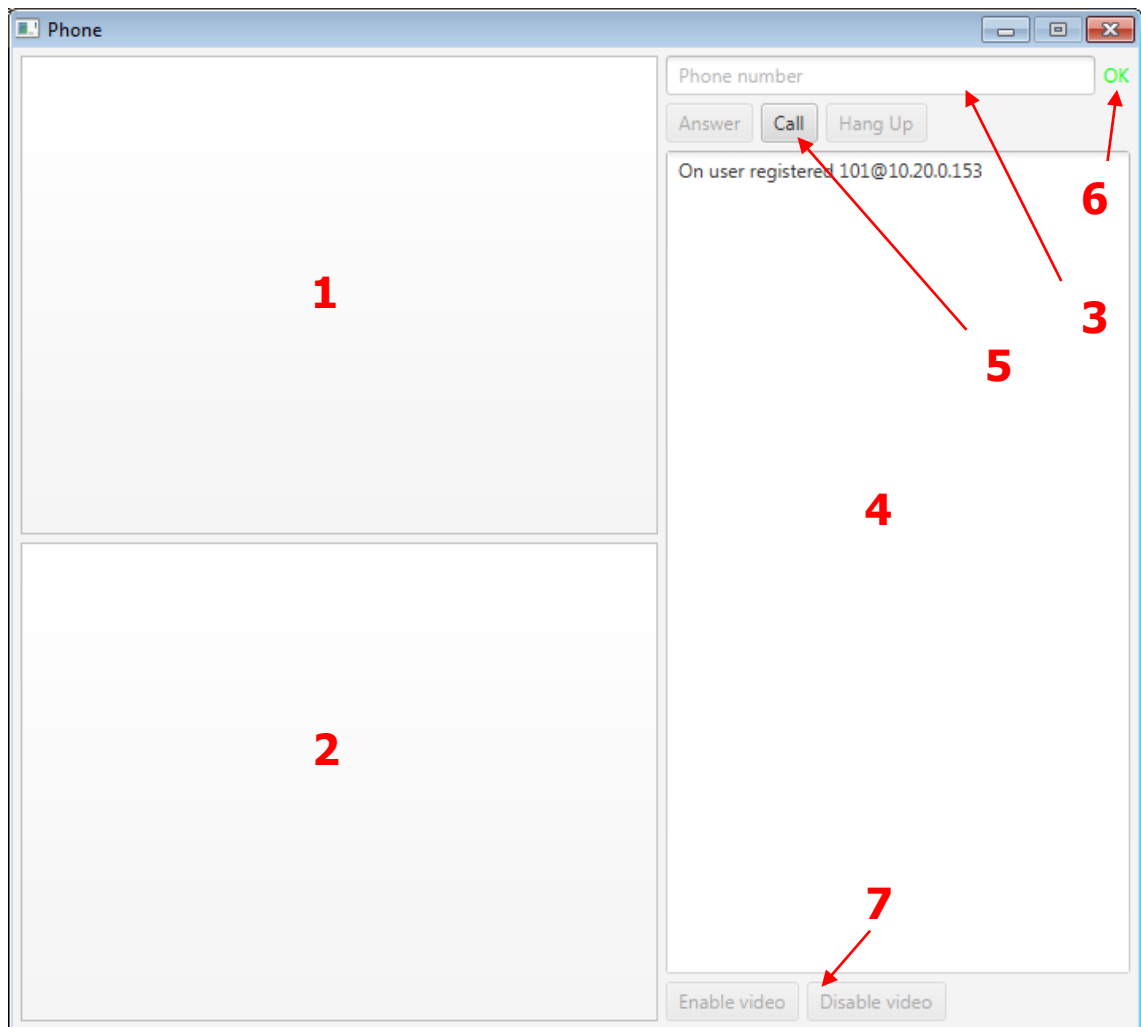
TU Delft. (2015). TU Delft's ambulance drone drastically increases chances of survival of cardiac arrest patients, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 2.10.2015): <http://www.tudelft.nl/en/current/latest-news/article/detail/ambulance-drone-tu-delft-vergroot-overlevingskans-bij-hartstilstand-drastisch/>.

YLE. (2014). Miksi hätäkeskukseen ei voi lähettää minkäänlaista kuvaa onnettomuuspaikalta?, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 24.3.2015): http://yle.fi/uutiset/miksi_hatakeskukseen_ei_voi_lahettaa_minkaanlaista_kuvaa_onnettomuuspaikalta/7827273.

Zoiper. (2015). Zoiper SDK fact sheet, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 28.9.2015): <https://www.zoiper.com/en/voip-sdk/fact-sheet>.

Zoiper. (2015). Zoiper SDK Overview.

LIITE A: SOVELLUKSEN KÄYTTÖLIITTYMÄ



1. Vastaanottajan kuva
2. Lähetettävä kuva
3. Puhelinnumeron syöttökenttä
4. Lokitulosteet
5. Puhelukontrollit
6. Tilailmais
7. Videokontrollit